

临床论著

不同内倾角置入寰椎后路侧块螺钉的安全性比较

胡 勇,董伟鑫,孙肖阳,袁振山,张 蛟

(宁波大学医学院附属宁波市第六医院脊柱外科 315040)

【摘要】目的:将寰椎后路侧块螺钉上倾角固定在 15° 的情况下,比较不同内倾角度置钉相对应的寰椎侧块有效宽度和进钉深度,以确定寰椎后路侧块螺钉在横断面上的最佳内倾角度。**方法:**募集颈椎结构正常的健康成年国人 64 名,男 32 名,女 32 名;年龄 32.7 ± 7.8 岁(18~60 岁),进行颈椎 CT 平扫,通过 Mimics 软件对志愿者的颈椎 CT 数据进行测量,在寰椎后路侧块螺钉上倾角为 15° 的情况下,分别测量内倾角度为 0° 、 5° 、 10° 、 15° 、 20° 、 25° 、 30° 和理想内倾角(β 角)时的寰椎侧块有效宽度和寰椎后路侧块螺钉的进钉深度;测量正中矢状面与寰椎后弓最后缘的交点与进钉点之间的距离和进钉点处的后弓下缘侧块高度;并进行统计学数据分析。**结果:**寰椎后路侧块螺钉的 β 角男性为 $20.01^\circ \pm 2.97^\circ$, 女性为 $21.89^\circ \pm 3.14^\circ$ 。寰椎后路侧块螺钉内倾角度为 0° 、 5° 、 10° 、 15° 、 20° 、 25° 、 30° 和 β 角时的寰椎侧块有效宽度男性分别为 8.95 ± 1.18 、 9.51 ± 1.14 、 10.00 ± 1.17 、 10.42 ± 1.20 、 10.39 ± 1.29 、 9.41 ± 1.25 、 8.04 ± 1.21 、 11.02 ± 0.96 mm, 女性分别为 7.64 ± 1.01 、 8.31 ± 1.11 、 8.88 ± 1.10 、 9.32 ± 1.11 、 9.51 ± 1.09 、 8.90 ± 1.02 、 7.62 ± 1.07 、 9.97 ± 0.98 mm;进钉深度男性分别为 19.03 ± 1.34 、 19.60 ± 1.39 、 20.28 ± 1.47 、 21.20 ± 1.48 、 22.11 ± 1.54 、 23.06 ± 1.63 、 24.19 ± 1.97 、 22.37 ± 1.52 mm, 女性分别为 17.47 ± 1.68 、 17.90 ± 1.64 、 18.50 ± 1.79 、 19.31 ± 1.93 、 20.47 ± 2.03 、 21.67 ± 2.18 、 22.89 ± 2.38 、 21.26 ± 1.99 mm。相较于其他内倾角, β 角对应的寰椎侧块有效宽度最大且差异有统计学意义($P < 0.01$)。寰椎后路侧块螺钉内倾角为 β 时,寰椎后路侧块螺钉进钉点距离正中矢状面与寰椎后弓最后缘的交点距离男性为 28.35 ± 1.75 mm, 女性为 26.70 ± 1.60 mm;进钉点处的后弓下缘侧块高度男性为 4.38 ± 0.85 mm, 女性为 4.13 ± 0.80 mm。**结论:**寰椎后路侧块螺钉上倾 15° 时,以所对应的寰椎侧块有效宽度最大的内倾角 β 角进钉,理论上损伤椎动脉、脊髓等结构的几率最低。

【关键词】寰椎;解剖学;侧块螺钉;Mimics 软件;后路

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2015.01.04

中图分类号:R687.3 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2015)-01-0018-09

Safety of posterior C1 lateral mass screw under different introversion angles/HU Yong, DONG Weixin, SUN Xiaoyang, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2015, 25(1): 18-26

【Abstract】 Objectives: To compare different introversion angle related to the width and depth of screw in C1 lateral mass when placing the cephalic inclination of posterior C1 lateral mass screw at 15° , and to find optimal introversion angle for posterior C1 lateral mass screw placement. **Methods:** Computed tomography(CT) scan was performed on normal cervical spine of 64 healthy Chinese adults(32 males, 32 females; age range, 18-60 years; mean age, 32.7 years), the 3-D morphology of each atlas was reconstructed by using the Mimics software. When fixing the cephalic inclination of posterior C1 lateral mass screw at 15° , the effective width and screw length of C1 lateral mass under different introversion angles ranged from 0° to 30° with a uniform interval of 5° and ideal medial angle (β), the effective width and screw length was measured, the height for screw entry point on the posterior surface of the lateral mass and the distance between screw entry point and the intersection of the mid-sagittal plane and the posterior arch of the atlas were also measured respectively. All data were analyzed by SPSS 18.0. **Results:** The ideal medial angle was $20.01^\circ \pm 2.97^\circ$ (male) and $21.89^\circ \pm 3.14^\circ$ (female), and the relative result of effective width was 11.02 ± 0.96 mm(male) and 9.97 ± 0.98 mm(female). When the introversion angle was 0° , 5° , 10° , 15° , 20° , 25° , 30° and β , the lateral mass effective width of male was 8.95 ± 1.18 mm, 9.51 ± 1.14 mm, 10.00 ± 1.17 mm, 10.42 ± 1.20 mm, 10.39 ± 1.29 mm, 9.41 ± 1.25 mm, 8.04 ± 1.21 mm, 11.02 ± 0.96 mm respectively, while the datum of female was 7.64 ± 1.01 mm, 8.31 ± 1.11 mm, 8.88 ± 1.10 mm, 9.32 ± 1.11 mm, 9.51 ± 1.09 mm, 8.90 ± 1.02 mm, 7.62 ± 1.07 mm, 9.97 ± 0.98 mm respectively; the screw

第一作者简介:男(1974-),主任医师,医学博士,研究方向:颈椎的基础与临床研究

电话:(0574)87998103 E-mail:huyong610@163.com

length of male was $19.03 \pm 1.34\text{mm}$, $19.60 \pm 1.39\text{mm}$, $20.28 \pm 1.47\text{mm}$, $21.20 \pm 1.48\text{mm}$, $22.11 \pm 1.54\text{mm}$, $23.06 \pm 1.63\text{mm}$, $24.19 \pm 1.97\text{mm}$, $22.37 \pm 1.52\text{mm}$ respectively, while that of female was $17.47 \pm 1.68\text{mm}$, $17.90 \pm 1.64\text{mm}$, $18.50 \pm 1.79\text{mm}$, $19.31 \pm 1.93\text{mm}$, $20.47 \pm 2.03\text{mm}$, $21.67 \pm 2.18\text{mm}$, $22.89 \pm 2.38\text{mm}$, $21.26 \pm 1.99\text{mm}$ respectively. When the introversion angle was β , the lateral mass effective width was significantly bigger than that of other angles ($P < 0.01$). When the medial angle was β , the distance between screw entry point and the intersection of the mid-sagittal plane and the posterior arch of the atlas was $28.35 \pm 1.75\text{mm}$ (male) and $26.70 \pm 1.60\text{mm}$ (female). The height for screw entry in the lateral mass of posterior surface was $4.38 \pm 0.85\text{mm}$ in male, and was $4.13 \pm 0.80\text{mm}$ in female. **Conclusions:** When the cephalic inclination of posterior C1 lateral mass screw is fixed at 15° , the effective width of lateral mass is the widest, which can be used as the ideal introversion angle to minimize the risk of injury to the vertebral artery and spinal cord during instrumentation.

[Key words] Atlas; Anatomy; Lateral mass screw; Mimics software; Posterior approach

[Author's address] Department of Spinal Surgery, Ningbo No.6 Hospital of Medical School of Ningbo University, Ningbo, 315040, China

寰椎后路侧块螺钉作为寰枢椎融合术的重要锚点之一,被广泛用于各种原因引起的上颈椎不稳^[1-5]。1994 年 Goel 等^[6]最早提出了寰椎后路侧块螺钉固定技术,并将该技术用于治疗寰枢关节不稳。2001 年 Harms 等^[7]将此项技术进行改良,使得寰椎后路侧块螺钉固定技术在临床得到广泛普及。尽管目前有较多关于后路寰椎侧块螺钉内倾角建议^[8-10],但对于寰椎后路侧块螺钉最佳内倾角尚没有一致的结论^[7,9-16]。本研究旨在通过测量国人在不同内倾角置钉时相对应的寰椎侧块有效宽度和进钉深度,以确定寰椎后路侧块螺钉的最佳内倾角度,为临床安全置钉提供理论依据。

1 资料与方法

1.1 基本资料

1.1.1 研究对象 募集颈椎解剖结构正常的健康成年国人志愿者 64 名,通过影像学检查排除感染、肿瘤、创伤和先天性脊柱畸形等疾患;体格检查示颈部无压痛、畸形、活动受限,四肢肌力正常,无病理反射征。男 32 名,女 32 名;年龄 32.7 ± 7.8 岁 (18~60 岁);女性体重 $59.5 \pm 9.5\text{kg}$ ($48.3 \sim 81.2\text{kg}$),身高 $158.6 \pm 10.3\text{cm}$ ($151.5 \sim 172.6\text{cm}$);男性体重 $68.7 \pm 10.7\text{kg}$ ($55.1 \sim 80.7\text{kg}$),身高 $169.2 \pm 8.8\text{cm}$ ($165.9 \sim 185.1\text{cm}$)。

1.1.2 CT 扫描 志愿者取仰卧位,采用 Philips Brilliance 64 排 CT 扫描仪 (Philips Medical Systems, Netherland) 进行扫描。CT 扫描技术参数:层厚 0.625mm ,层间距 0.5mm ,螺距 0.938 ,球管电压 120kV ,电流 280mA ,窗宽 1000 ,窗位 300 。应用 Mimics 15.01 软件 (Materialise 公司) 对 CT 影

像进行三维重建处理 (图 1)。在三维立体图中选取相应测量参数的剖面。在重建后的寰椎表面定位标志点、轴线和平面时,均将图像在屏幕放大 3 倍以上进行操作;每一测量指标重复测量 3 次,取平均值,长度测量精度为 0.01mm ,角度测量精度为 0.01° ,模拟螺钉直径为 3.5mm 。

1.2 测量基准线与基准平面的确定

(1)寰椎 YY'轴:在正中矢状面上,经寰椎前弓下缘和后弓下缘作一连线,即寰椎矢状轴 (YY'轴) (图 1a)。(2)寰椎 XX'轴:在冠状面上,经左右两侧的寰椎下关节面最低点作一连线,将此连线平移,与 YY'轴相交于 O 点,此平移线即寰椎冠状轴 (XX') (图 1a)。(3)寰椎 ZZ'轴:通过 O 点做一垂直于 XX'轴和 YY'轴的直线,即 ZZ'轴 (图 1b)。(4)内倾线 (SS'线):寰椎后路侧块螺钉在横断面上的内倾角度线,即为 SS'线 (图 1c)。(5)寰椎后路侧块螺钉上倾角 (图 1d)。(6)横断面:YY'轴和 XX'轴相交所形成的平面,即为横断面 (图 2a)。测量角度时以横断面和正中矢状面为参考平面,其优点是可以避免在进行 CT 扫描时因为志愿者的位置变化而引起测量指标结果发生变化。(7)矢状面:YY'轴和 ZZ'轴相交所形成的平面,即为矢状面 (图 2a)。(8)内侧理想内倾角平面 (P1):在横断面寰椎椎管边缘上,前、后弓与一侧侧块的连接点分别为 A 点和 B 点,过 AB 连线作垂直于横断面的切面 (P1) (图 2b)。(9)外侧理想内倾角平面 (P2):将 P1 平面向外侧平移至寰椎横突孔内侧边缘相切,平移后得到的平面即为 P2 平面 (图 2b、c)。(10)中间理想内倾角平面 (P3):将 P1 平面平移至 P1 平面与 P2 平面中间处,使该平面

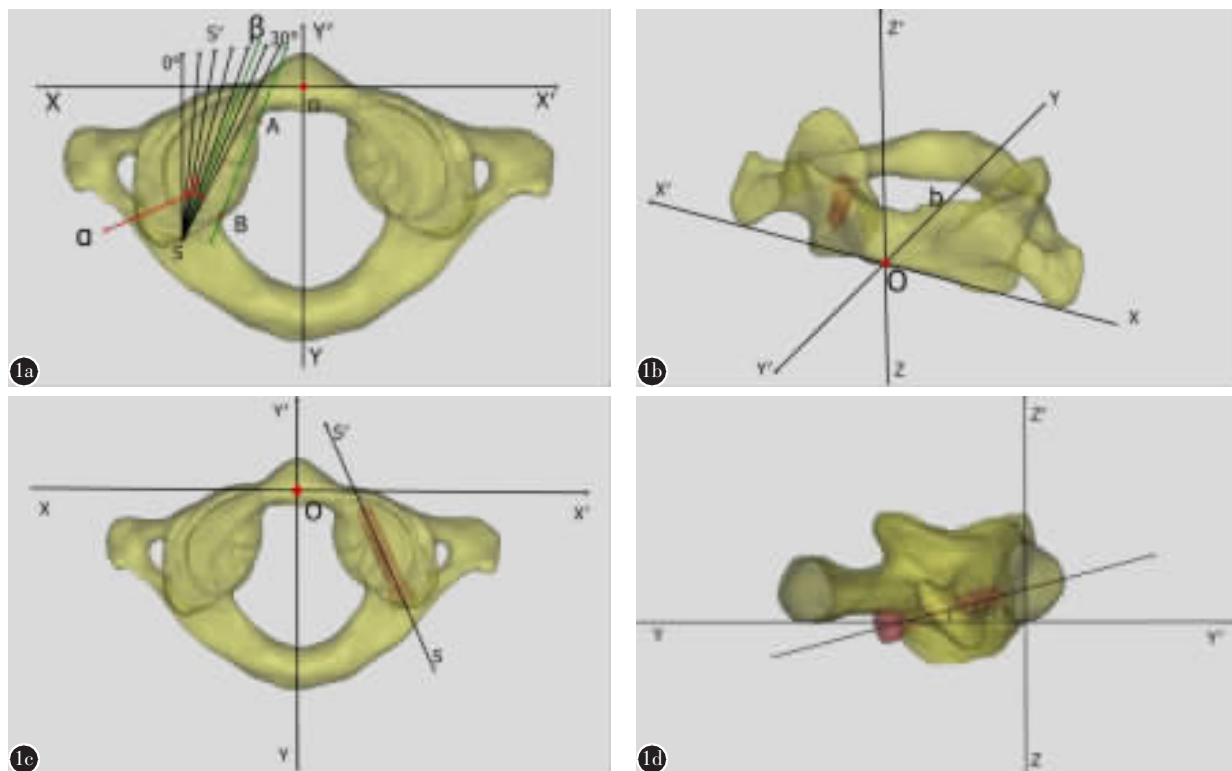


图 1 a 寰椎 YY'轴:在正中矢状面上,经寰椎前弓下缘和后弓下缘做一连线,即寰椎矢状轴(YY'轴);寰椎 XX'轴:在冠状面上,经左右两侧的寰椎下关节面最低点做一连线,将此连线平移,与 YY'轴相交于 O 点,此平移线即寰椎冠状轴(XX') b 寰椎 ZZ'轴:通过 O 点做一垂直于 XX'轴和 YY'轴的直线,即(ZZ'轴) c 内倾线(SS'线):寰椎后路侧块螺钉在横断面上的内倾角度线,即为内倾线(SS'线) d 寰椎后路侧块螺钉上倾角

Figure 1 a In the median sagittal plane, the Y axis pass through the lowest point of atlas anterior and posterior arch, the X axis occupies the coronal plane and is parallel to a line connecting the lowest point of the outer edge of the inferior articulating process on each side, the coordinate origin (point O) was the intersection of the X axis and the Y axis b The Z axis pass through the point O and lie perpendicular to the X and Y axis c In the axial plane, the axial line of C1 lateral mass screw(line SS') and angle are then determined relative to the midline d In the sagittal plane, the axial line of C1 lateral mass screw and sagittal angle are then determined relative to the Y axis

与 P1、P2 平面的距离相等,平移后得到的平面即为 P3 平面(图 2b、c)。(11)P4 平面:通过内倾线 SS'作垂直于横断面的平面,将该平面平移至椎管边缘处的平面为 P4 平面,由于内倾线 SS'是随着寰椎后路侧块螺钉的内倾角变化而变化的,所以 P4 平面也是变化的(图 2d、e)。(12)P5 平面:将 P4 平面平移至寰椎横突孔内侧缘,平移后得到的平面即为 P5 平面,由于 P4 平面是随着内倾角移动的,所以与之对应的 P5 平面也是随着内倾角变化的(图 2d、e)。(13)P6 平面:将 P4 平面平移至 P4 平面与 P5 平面中间,使该平面与 P4、P5 平面的距离相等,平移后得到的平面即为 P6 平面(图 2d、e)。

1.3 测量指标

(1)寰椎侧块有效宽度(EW):在横断面上,过寰椎椎动脉孔内侧壁和椎管外侧壁分别作一与螺钉内倾角度线 SS'线相平行的线,该两线之间的垂直距离即 EW(图 3a),从立体角度看,即在 P4 与 P5 两个平行面之间的垂直距离。(2)寰椎后路侧块螺钉理想内倾角(β 角):将寰椎侧块有效宽度平移到直角三角形中,通过斜边大于直角边的原理,观察到最宽有效宽度对应的内倾角度为 β 角,定义 β 角为理想内倾角(图 3b),即在横断面寰椎椎管边缘上,前、后弓与一侧侧块的连接点分别为 A 点和 B 点,过 AB 两点的内倾线 SS'与 YY'轴或其平行线的夹角(图 3a)。(3)寰椎后路侧块螺钉进钉深度(mm):寰椎侧块螺钉进钉点与前方骨皮质前缘的距离。(4)寰椎侧块螺钉进钉点位

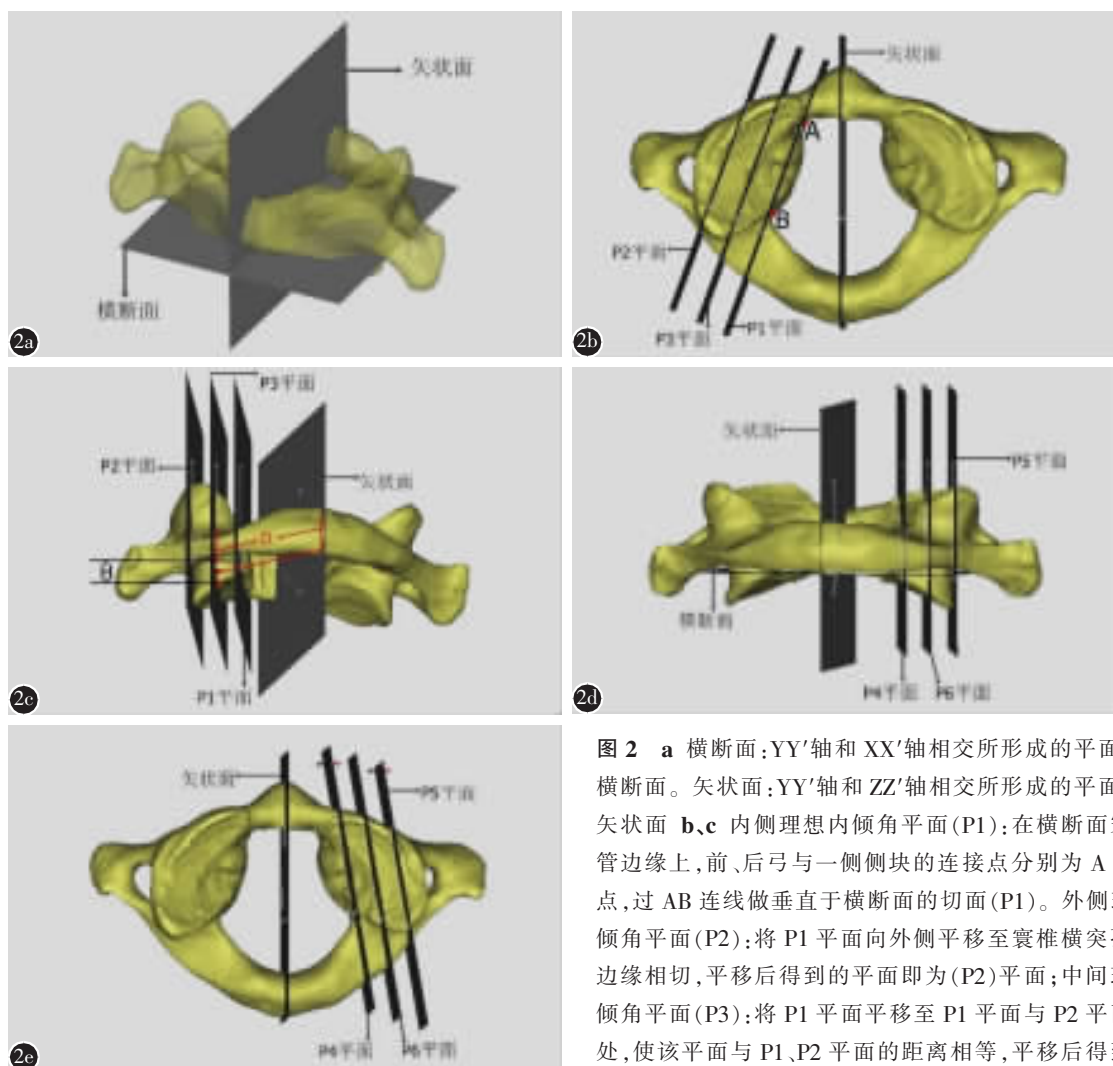


图 2 a 横断面:YY'轴和 XX'轴相交所形成的平面,即为横断面。矢状面:YY'轴和 ZZ'轴相交所形成的平面,即为矢状面 b、c 内侧理想内倾角平面(P1):在横断面寰椎椎管边缘上,前、后弓与一侧侧块的连接点分别为 A 点和 B 点,过 AB 连线做垂直于横断面的切面(P1)。外侧理想内倾角平面(P2):将 P1 平面向外侧平移至寰椎横突孔内侧边缘相切,平移后得到的平面即为(P2)平面;中间理想内倾角平面(P3):将 P1 平面平移至 P1 平面与 P2 平面中间处,使该平面与 P1、P2 平面的距离相等,平移后得到的平面即为(P3)平面;寰椎后路侧块螺钉进钉点距离正中矢状

面与寰椎后弓最后缘的交点距离为 D,侧块内外缘的中点位置处的后弓下缘侧块高度为 H d、e P4 平面:通过内倾线 SS'做垂直于横断面的平面,将该平面平移至椎管边缘处的平面为 P4 平面,由于内倾线 SS'是随着寰椎后路侧块螺钉的内倾角变化而变化的,所以 P4 平面也是变化的;P5 平面:将 P4 平面平移至寰椎横突孔内侧缘,平移后得到的平面即为(P5)平面,由于 P4 平面是随着内倾角移动的,所以与之对应的 P5 平面也是随着内倾角变化的;P6 平面:将 P4 平面平移至 P4 平面与 P5 平面中间,使该平面与 P4、P5 平面的距离相等,平移后得到的平面即为(P6)平面

Figure 2 a The transverse plane of atlas consisting of X and Y axes, the sagittal plane of atlas consisting of Y and Z axes b, c The point A and B is the connection point of lateral mass and anterior arch and posterior arch. P1: P1 through point A and point B, and lie perpendicular to the transverse plane. P2: P2 parallel to the P1 and tangential to the transverse foramen. P3: P3 parallel to the P1 and in the middle of P1 and P2. D=Distance from entry point to the intersection of the median sagittal plane and the posterior tubercle of the atlas, H=Distance from the entry point to the posterior edge of the atlas inferior articulating process d, e P4: P4 through point B, and lie perpendicular to the transverse plane and parallel to the median sagittal plane. P5: P5 parallel to the P4 and tangential to the transverse foramen. P6: P6 parallel to the P4 and in the middle of P4 and P5

置:进钉点即寰椎后弓下缘与侧块移行处下方正中点;正中矢状面与寰椎后弓最后缘的交点与进钉点距离(D,图 2c);进钉点处的后弓下缘侧块高度(H,图 2c)。

在寰椎后路侧块螺钉上倾角为 15° 的情况下,测量内倾角为 0° 、 5° 、 10° 、 15° 、 20° 、 25° 、 30° 和 β 角时的寰椎侧块有效宽度和寰椎后路侧块螺钉的进钉深度;测量内倾角为 β 时,正中矢状面与

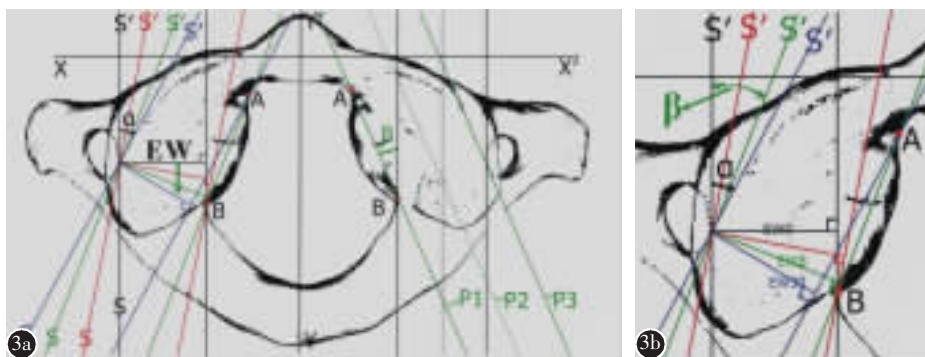


图 3 a 寰椎侧块有效宽度(EW):在横断面上,过寰椎椎动脉孔内侧壁和椎管外侧壁分别做一与螺钉内倾角度线 SS' 线相平行的线,该两面之间的垂直距离即 EW,与内倾角 α (包括 0° 、 5° 、 10° 、 15° 、 20° 、 25° 、 30° 、 β 角)分别对应的有效宽度依次为 EW_0 、 EW_5 、 EW_{10} 、 EW_{15} 、 EW_{20} 、 EW_{25} 、 EW_{30} 、 EW_β ;寰椎后路侧块螺钉理想内倾角(β):在横断面寰椎椎管边缘上,前、后弓与一侧侧块的连接点分别为 A 点和 B 点,过 AB 两点的内倾线 SS' 与 YY' 轴或其平行线的夹角 **b** 将寰椎侧块有效宽度平移到直角三角形中,通过斜边大于直角边的原理,观察到最大有效宽度对应的内倾角度为 β 角,定义 β 角为理想内倾角

Figure 3 a Using the osteotomy procedure with three cutting plane, including inside(P1), median(P2) and outside(P3) cutting plane, the distance between inside(P1) and outside(P3) cutting plane was effective width(EW), the C1 lateral mass effective width for 0° , 5° , 10° , 15° , 20° , 25° , 30° and β of medial angulation, respectively. β : angle between line parallel to border of vertebral canal(line AB) and midline **b** The largest effective width appear at the medial angulation of β , the value of EW_β was significantly greater than another effective width

寰椎后弓最后缘的交点与进钉点距离;测量内倾角为 0° 和 β 时,进钉点处的后弓下缘侧块高度。

1.4 统计学分析

应用 SPSS 18.0 统计软件,将测量数据进行左右侧比较,分析同一寰椎左右侧测量参数是否有统计学差异,采用配对样本 t 检验, $P < 0.01$ 为差异有统计学意义。对同一寰椎后路侧块螺钉在不同内倾角时测得的寰椎侧块有效宽度、进钉深度采用随机区组方差分析,如不同内倾角组间差异有统计学意义,在保留区组的条件下,进一步作组间的两两多重比较,方法采用 SNK (Student-Newman-Keuls) 检验法。根据内倾角和侧块有效宽度及寰椎侧块螺钉进钉深度分别绘制散点图,并采用局部加权回归散点平滑法 (locally weighted scatterplot smoothing, LOESS) 分别拟合平滑曲线。

2 结果

同性别同一指标、同一内倾角的左右两侧差值的绝对值服从正态分布,左右侧数据差异均无统计学意义,遂将左右侧测量结果合并记录。

寰椎后路侧块螺钉内倾角度为 0° 、 5° 、 10° 、 15° 、 20° 、 25° 、 30° 和 β 时的寰椎侧块有效宽度测

量结果见表 1。同性别时,当内倾角为 β 角时,其对应的寰椎侧块有效宽度与其他组差异均有统计学意义 ($P < 0.01$);当内倾角为 5° 和 25° 时,其对应的寰椎侧块有效宽度差异无统计学意义 ($P > 0.01$);当内倾角为 15° 和 20° 时,其对应的寰椎侧块有效宽度差异亦无统计学意义 ($P > 0.01$);而内倾角为 0° 、 10° 、 30° 时的侧块有效宽度与内倾角度为 5° 、 25° 和 15° 、 20° 时进行两两比较差异均有统计学意义 ($P < 0.01$)。根据有效宽度和内倾角绘制散点图,并采用 LOESS 拟合平滑曲线(图 4a),从平滑曲线可以看出,随着内倾角的增大,寰椎侧块有效宽度呈先增大后缩小的趋势。

在寰椎后路侧块螺钉保持上倾角为 15° 不变时,内倾角分别为 0° 、 5° 、 10° 、 15° 、 20° 、 25° 、 30° 、 β 角时对应的进钉深度测量结果见表 2。同性别当内倾角分别为 0° 、 5° 、 10° 、 15° 、 20° 、 25° 、 30° 、 β 角时对应的进钉深度有统计学差异 ($P < 0.01$),且两两比较均有统计学差异 ($P < 0.01$)。根据进钉深度和内倾角绘制散点图,并采用 LOESS 拟合平滑曲线(图 4b),显示在后路寰椎侧块螺钉上倾 15° 不变的情况下,随着寰椎侧块螺钉内倾角从 0° 到 30° 的增加过程中,进钉深度也随之不断增加。

寰椎后路侧块螺钉理想内倾角度对应的侧块

表 1 不同内倾角对应的寰椎侧块有效宽度 ($\bar{x}\pm s$, mm)**Table 1** The value of effective width for each degree of C1 lateral mass screw medial angle

内倾角 Medial angle	男性 Male	女性 Female
0°	8.95±1.18(6.38~10.85) ^①	7.64±1.01(5.16~9.90) ^①
5°	9.51±1.14(7.00~11.72) ^①	8.31±1.11(6.03~10.49) ^①
10°	10.00±1.17(7.34~12.25) ^①	8.88±1.10(6.83~10.83) ^①
15°	10.42±1.20(8.06~12.82) ^①	9.32±1.11(7.34~11.35) ^①
20°	10.39±1.29(7.66~13.25) ^①	9.51±1.09(7.51~11.13) ^①
25°	9.41±1.25(6.44~11.89) ^①	8.90±1.02(6.64~11.14) ^①
30°	8.04±1.21(6.02~10.88) ^①	7.62±1.07(5.54~10.33) ^①
β	11.02±0.96(9.28~12.83)	9.97±0.98(8.49~12.03)

注:同性别内倾角为 0°、10°、30° 时与内倾角为 5°、15°、20°、25° 时两两比较 $P<0.01$ 。①与同性别内倾角为 β 时比较, $P<0.01$

Note: There were statistically significant differences between the lateral mass effective width of the medial angles was 0°, 10°, 30° and the lateral mass effective width of the medial angles was 5°, 15°, 20°, 25°, $P<0.01$. ① Compared with the lateral mass effective width of the medial angles was β within the same gender, $P<0.01$

表 2 不同内倾角对应的寰椎后路侧块螺钉的进钉深度 ($\bar{x}\pm s$, mm)**Table 2** The value of screw length for each degree of C1 lateral mass screw medial angulation

内倾角 Medial angle	男性 Male	女性 Female
0°	19.03±1.34(16.45~21.58) ^①	17.47±1.68(14.08~21.12) ^①
5°	19.60±1.39(17.10~22.14) ^①	17.90±1.64(14.36~21.42) ^①
10°	20.28±1.47(17.58~22.96) ^①	18.50±1.79(14.60~22.82) ^①
15°	21.20±1.48(18.34~23.35) ^①	19.31±1.93(15.19~23.83) ^①
20°	22.11±1.54(18.90~24.17) ^①	20.47±2.03(16.44~24.63) ^①
25°	23.06±1.63(19.45~25.41) ^①	21.67±2.18(16.33~25.28) ^①
30°	24.19±1.97(20.22~27.03) ^①	22.89±2.38(15.56~25.84) ^①
β	22.37±1.52(18.23~24.89)	21.26±1.99(16.73~24.92)

注:内倾角分别为 0°、5°、10°、15°、20°、25°、30° 时,同性别两两比较, $P<0.01$ 。①与同性别内倾角为 β 时比较, $P<0.01$

Note: The difference between screw length at each angle was statistically significant in every pair, $P<0.01$. ① Compared with the screw length of the medial angles was β within the same gender, $P<0.01$

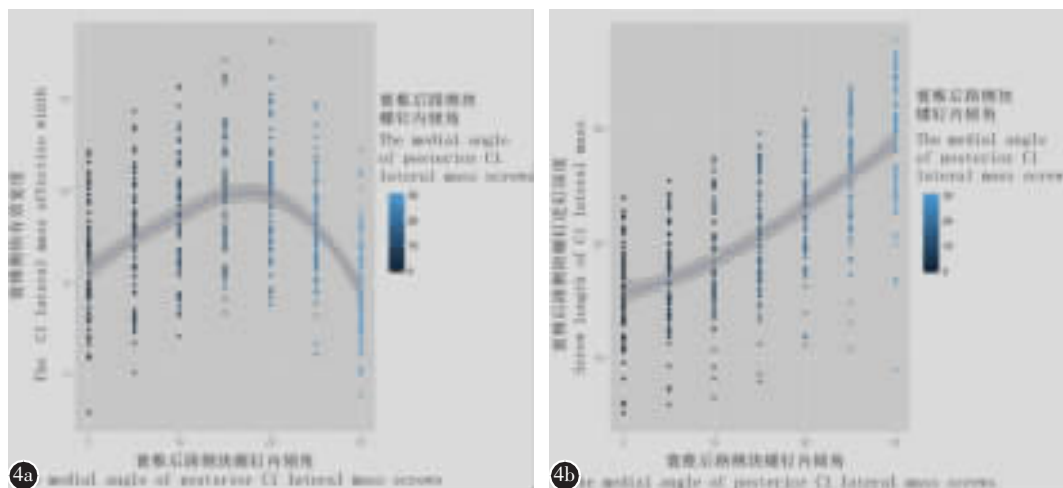


图 4 寰椎后路侧块螺钉内倾角与寰椎侧块有效宽度及寰椎后路侧块螺钉进钉深度的关系 **a** 根据有效宽度和内倾角绘制散点图,并采用局部加权回归散点平滑法(locally weighted scatterplot smoothing, LOESS)拟合平滑曲线,平滑曲线显示随着进钉角度的增大,有效宽度呈现先增大后缩小的趋势 **b** 根据寰椎后路侧块螺钉内倾角度和进钉深度(上倾角维持 15° 不变)绘制散点图,并采用 LOESS 拟合平滑曲线,平滑曲线显示随着后路寰椎侧块螺钉内倾角度的增大,螺钉进钉深度呈现逐渐增大的趋势

Figure 4 The relationship between the values of effective width, screw length and the medial angle of posterior C1 lateral mass screws **a** According to the effective width and medial angle of the C1 lateral mass screws, drawing a scatter plot, and using locally weighted regression scatter smoothing to fit smooth curve, the smooth curve showing the values of effective width for the posterior C1 lateral mass screw first increases and then decreases with the increasing medial angle from 0° to 30° **b** According to the screw length and medial angle of the C1 lateral mass screws, drawing a scatter plot, and using locally weighted regression scatter smoothing to fit smooth curve, the smooth curve showing the values of screw length and medial angle of the posterior C1 lateral mass screw increases with the increasing medial angle from 0° to 30°

有效宽度及螺钉长度测量结果见表 3; 寰椎后路侧块螺钉理想内倾角度对应的进钉位置: 寰椎后路侧块螺钉进钉点距离正中矢状面与寰椎后弓最后缘的交点距离与侧块内外缘的中点位置处的后弓下缘侧块高度测量结果见表 3。

3 讨论

目前寰椎后路侧块螺钉内固定技术已经在临床上广泛应用^[17-23], 因此许多学者对寰椎后路侧块螺钉的进钉点和进钉角度进行研究, 并且提出了各自的观点。对于寰椎后路侧块螺钉的进钉点, 各学者报道的结果基本一致, 定位于侧块后侧面的中心点, 即寰椎后方下缘与侧块移行处, 侧块内外缘的中点位置, 但对于寰椎侧块螺钉内倾角, 国内外均没有达成一致的意見^[8,11-15]。寰椎后路侧块螺钉内倾角的合理选择, 可降低螺钉向内进入椎管损伤脊髓或向外侧进入横突孔损伤椎动脉的风险。故对寰椎侧块进行详细解剖学测量, 比较寰椎

后路侧块螺钉在不同内倾角时的有效宽度, 探讨寰椎后路侧块螺钉的最佳内倾角具有重要意义。

3.1 寰椎后路侧块螺钉的进钉点位置

目前, 对于寰椎后路侧块螺钉的进钉点, 国内外学者的研究结果基本一致^[7,14], 即寰椎后弓下缘与侧块移行处下方正中点。后弓下缘侧块高度是后路寰椎侧块螺钉的限制因素之一, 若该间距较螺钉直径小, 会损伤寰椎侧块的下关节面和 C2 神经根。对于进钉点位置处的后弓下缘侧块高度, 国内外已有学者进行了相关测量, Hong 等^[8]对 30 例成人寰椎骨性标本的寰椎侧块螺钉进钉处后弓下缘侧块高度进行了测量, 结果左侧为 $4.0 \pm 0.7 \text{ mm}$ ($3.1 \sim 6.2 \text{ mm}$), 右侧为 $4.2 \pm 0.7 \text{ mm}$ ($3.1 \sim 5.8 \text{ mm}$), 两侧合并后为 $4.1 \pm 0.7 \text{ mm}$, 但具体比例未详细说明。Wang 等^[10]测量 74 例成人寰椎骨性标本后发现有 41% 的标本进钉处的后弓下缘侧块高度(H)小于 3.5mm, 有 65% 小于 4mm, 平均为 $3.9 \pm 1.2 \text{ mm}$ ($1.9 \sim 8.2 \text{ mm}$)。而 Rocha 等^[9]在 20 具寰椎骨性标本上测量发现, 该高度无一例小于 3.5mm, 左侧为 $4.5 \pm 0.9 \text{ mm}$ ($4.3 \sim 6.1 \text{ mm}$), 右侧为 $4.6 \pm 0.9 \text{ mm}$ ($4.3 \sim 6.1 \text{ mm}$), 两侧合并后为 $4.5 \pm 0.9 \text{ mm}$ ($4.3 \sim 6.1 \text{ mm}$)。在不考虑测量误差的前提下, 不同学者测量的结果存在较大差异的可能原因是寰椎侧块与后弓下缘移行处侧块内外缘中点的判断不一致造成的, 当内倾角增大过程中, 该中点会随之适当向外偏移, 这个偏移距离较小, 笔者测量了内倾角度从 0° 增加到理想内倾角的过程中, 该中点平均向外移动了 1.51mm, 由于寰椎侧块下关节面方向朝向内、下, 并呈一定斜面, 所以当进钉点向外偏移后, 该进钉处的后弓下缘侧块高度随之增大, 进钉角度从 0° 增加到理想内倾角(β)的过程中, 该进钉处的后弓下缘侧块高度平均增加了 0.41mm, 这与不同学者之间出现的差别基本吻合。对于进钉点的确认, 术中要探查侧块下关节突的内外侧缘的位置和走行来帮助确定进钉点, 本研究通过测量得到, 当内倾角度选择为理想内倾角, 即能获得寰椎侧块最大有效宽度时, 进钉点距离正中矢状面与寰椎后弓最后缘的交点的距离男性为 $28.35 \pm 1.75 \text{ mm}$ 、女性为 $26.70 \pm 1.60 \text{ mm}$, 该距离也可以一定程度起到判断进钉点位置的作用。本研究测得国人在选择 0° 内倾角进钉时, 进钉处后弓下缘侧块高度男性为 $3.90 \pm 0.79 \text{ mm}$, 女性为 $3.80 \pm 0.78 \text{ mm}$; 在选择理想内倾角进钉时, 进钉处后弓

表 3 寰椎后路侧块螺钉理想进钉的相关测量指标($\bar{x} \pm s$)

Table 3 The value of ideal entry point, medial angle and screw length of C1 lateral mass screw

	男性 Male	女性 Female
β ($^\circ$)	20.01 ± 2.97 (12.74~26.30)	21.89 ± 3.14 (15.17~29.46)
L β (mm)	22.37 ± 1.52 (18.23~24.89)	21.26 ± 1.99 (16.73~24.92)
EW β (mm)	11.02 ± 0.96 (9.28~12.83)	9.97 ± 0.98 (8.49~12.03)
D (mm)	28.35 ± 1.75 (24.25~32.71)	26.70 ± 1.60 (23.81~29.68)
H0 (mm)	3.90 ± 0.79 (2.03~5.48)	3.80 ± 0.78 (2.47~5.47)
H β (mm)	4.38 ± 0.85 (2.46~6.24)	4.13 ± 0.80 (2.49~5.52)

注: β , 寰椎后路侧块螺钉理想内倾角度; EW β , 与 β 角对应的寰椎侧块有效宽度; L β , 与 β 角对应的进钉深度; D, 当内倾角为 β 时进钉点距离正中矢状面与寰椎后弓最后缘的交点距离; H0, 当内倾角为 0° 时, 寰椎后路侧块螺钉进钉点位置处的后弓下缘侧块高度; H β , 当内倾角为 β 时, 寰椎后路侧块螺钉进钉点位置处的后弓下缘侧块高度

Note: β , The ideal medial angle with posterior C1 lateral mass screw. EW β , the C1 lateral mass effective width for β degree of medial angulation. L β , Effective length of screw projection through the lateral mass of C1 for β degree of medial angulation. D, Distance from entry point to the intersection of the median sagittal plane and the posterior tubercle of the atlas, when the medial angulation of C1 lateral mass screw was β . H0, Distance from the entry point to the posterior edge of the atlas inferior articulating process, when the medial angulation of C1 lateral mass screw was 0° . H β , Distance from the entry point to the posterior edge of the atlas inferior articulating process, when the medial angulation of C1 lateral mass screw was β

下缘侧块高度男性为 $4.38 \pm 0.85 \text{ mm}$, 女性为 $4.13 \pm 0.80 \text{ mm}$, 说明当寰椎后路侧块螺钉以理想内倾角进钉时, 在进钉点位置处置入 3.5 mm 的侧块螺钉是可行的, 但本研究中有 16 侧 (12.5%) 后弓下缘侧块高度小于 3.5 mm , 其中最小值为 2.46 mm , 说明仍有一小部分国人因后弓下缘侧块高度小于 3.5 mm , 不适合行寰椎后路侧块螺钉固定术, 术前应通过 CT 进行仔细的影像学测量, 从而减少相关并发症发生率。

3.2 寰椎后路侧块螺钉内倾角度与侧块有效宽度的关系

寰椎后路侧块螺钉内固定术对于内倾角的合理选择, 会降低螺钉进入椎管损伤脊髓或向外侧进入横突孔而损伤椎动脉的风险。因此笔者采用了寰椎侧块有效宽度的概念, 通过寰椎后路侧块螺钉的内倾角度与寰椎侧块有效宽度之间的对应关系, 找出能够获得最大寰椎侧块有效宽度的内倾角度, 因为寰椎侧块有效宽度越大, 进钉通道向内侧进入椎管损伤硬膜囊及脊髓或向外侧进入横突孔而损伤椎动脉的灾难性事件发生的概率越低, 故当寰椎后路侧块螺钉的内倾角使得寰椎侧块有效宽度最大时, 该内倾角即为寰椎后路侧块螺钉的最佳内倾角。对于寰椎后路侧块螺钉在横断面上的最佳内倾角, 国内外学者的观点尚未统一, Harms 等^[7]采用横断面上内倾 0° 或轻度内倾进钉。陈其昕等^[11]认为横断面上内倾角为 10° 时可获得比内倾角为 0° 时更宽的置钉空间。Wang 等^[10]认为横断面上理想的螺钉走行路径的内倾角为 $10^\circ \sim 15^\circ$ 。夏虹等^[12]认为横断面上理想的螺钉走行路径的内倾角为 15° 。闫明等^[13]认为寰椎侧块螺钉的位置应该经过“椎弓根”中央沿侧块纵轴走行, 走行角度可参考侧块角的大小 (22°)。Rocha 等^[9]认为寰椎后路侧块螺钉内倾角平均为 16.7° 。Simsek 等^[14]认为寰椎后路侧块螺钉在横断面上的理想内倾角度平均为 13.5° 。Gupta 等^[15]和 Joaquim 等^[16]认为横断面上理想的螺钉走行路径的内倾角为 15° 。本研究发现随着寰椎后路侧块螺钉内倾角从 0° 到 30° 增加过程中, 侧块有效宽度有先增大后减小的趋势, 笔者将寰椎侧块有效宽度和内倾角度绘制成散点图, 并采用 LOESS 拟合平滑曲线, 从平滑曲线可以看出, 随着内倾角的增大, 寰椎侧块有效宽度呈现先增大后缩小的趋势。当内倾角使得侧块有效宽度最大时, 该内倾角即为理想内

倾角。通过将需要比较的侧块有效宽度平移到一个直角三角形中, 通过直角三角形中斜边大于直角边的原理, 更加直观地观察到侧块有效宽度最大值出现在内倾角为 β 角时, 即过 AB 两点的内倾线 SS' 与 YY' 轴的夹角。寰椎后路侧块螺钉的理想内倾角 (β 角) 男性为 $20.01^\circ \pm 2.97^\circ$ 、女性为 $21.89^\circ \pm 3.14^\circ$, 其对应的寰椎侧块有效宽度男性为 $11.02 \pm 0.96 \text{ mm}$ 、女性为 $9.97 \pm 0.98 \text{ mm}$, 对应的寰椎侧块有效宽度比其他内倾角度对应的侧块有效宽度具备更宽的置钉空间, 且差异均有统计学意义 ($P < 0.01$)。

3.3 寰椎后路侧块螺钉内倾角度与进钉深度的关系

对于寰椎后路侧块螺钉的上倾角, 本研究对寰椎形态的详细观察后, 发现很难找到精确定位上倾角的基准线或者面, 且术中体位变化会使上倾角产生较大变化, 术中可借助 C 型臂 X 线机行侧位透视加以明确, 因此本研究未行此参数的测量。对于寰椎后路侧块螺钉在矢状面上的上倾角, 大部分学者认为寰椎后路侧块螺钉的上倾角在 15° 左右。Simsek 等^[14]认为寰椎后路侧块螺钉在矢状面上的理想进钉角度为上倾 15° 。Gupta 等^[15]也认为后路寰椎侧块螺钉在矢状面上的理想进钉角度为上倾 15° 。Harms 等^[7]采用矢状面上平行于寰椎后弓平面进钉, 但对于寰椎后弓平面本身的上倾角, 其未做定量研究。夏虹等^[12]认为矢状面上理想的螺钉走行路径的上倾角为 20° 。Rocha 等^[9]测量后得出寰椎后路侧块螺钉最大上倾角平均为 21.7° 。Wang 等^[10]测量后得出寰椎后路侧块螺钉最大上倾角平均为 19° 。总结以上研究, 可以看出对于寰椎后路侧块螺钉上倾角的选择差异不大, 在测量进钉深度过程中, 对于寰椎后路侧块螺钉上倾角的选择, 本研究选择采用上倾角为 15° 。

寰椎后路侧块螺钉内固定术对于内倾角的合理选择, 能增加寰椎侧块螺钉的进钉深度, 从而增加侧块螺钉的稳定性。将测量结果进行统计分析, 并根据进钉深度和内倾角绘制散点图, 采用 LOESS 拟合平滑曲线, 得出在后路寰椎侧块螺钉上倾 15° 不变的情况下, 随着寰椎侧块螺钉内倾角从 0° 到 30° 的增加过程中, 进钉深度也随之不断增加。单纯从进钉深度考虑, 内倾角度为 30° 时最佳, 但是结合不同内倾角对应的寰椎侧块有效宽度, 加之内倾角越大需要置钉点越偏外, 这增加

了显露的困难及椎动脉损伤的风险,在上颈椎手术中,首先应考虑安全性,所以笔者认为应该选择能够获得最大有效宽度的内倾角作为横断面上的内倾角度,即理想内倾角。理想内倾角对应的寰椎后路侧块螺钉进钉深度男性能达到 $22.37 \pm 1.52\text{mm}$ 、女性能达到 $21.26 \pm 1.99\text{mm}$,该进钉深度足以满足稳定性的需求。同其他上颈椎内固定术一样,避免发生灾难性的手术并发症是首要前提,因此,综合考虑,我们建议在进钉深度足以满足稳定性需求的情况下,尽可能选择能够获得最大有效宽度的内倾角。

4 参考文献

- Deen HG, Birch BD, Wharen RE, et al. Lateral mass screw-rod fixation of the cervical spine: a prospective clinical series with 1-year follow-up[J]. Spine J, 2003, 3(6): 489-495.
- Aryan HE, Newman CB, Nottmeier EW, et al. Stabilization of the atlantoaxial complex via C-1 lateral mass and C-2 pedicle screw fixation in a multicenter clinical experience in 102 patients: modification of the Harms and Goel techniques [J]. J Neurosurg Spine, 2008, 8(3): 222-229.
- Calisaneller T, Yilmaz C, Ozdemir O, et al. Posterior atlantal lateral mass fixation technique with polyaxial screw and rod fixation system[J]. Turk Neurosurg, 2008, 18(2): 142-148.
- Liu G, Buchowski J M, Shen H, et al. The feasibility of microscope-assisted "free-hand" C1 lateral mass screw insertion without fluoroscopy[J]. Spine, 2008, 33(9): 1042-1049.
- Stulik J, Vyskocil T, Sebesta P, et al. Atlantoaxial fixation using the polyaxial screw-rod system[J]. Eur Spine J, 2007, 16(4): 479-484.
- Goel A, Laheri V. Plate and screw fixation for atlanto-axial subluxation[J]. Acta Neurochir(Wien), 1994, 129(1-2): 47-53.
- Harms J, Melcher RP. Posterior C1-C2 fusion with polyaxial screw and rod fixation[J]. Spine, 2001, 26(22): 2467-2471.
- Hong X, Dong Y, Yunbing C, et al. Posterior screw placement on the lateral mass of atlas: an anatomic study [J]. Spine, 2004, 29(5): 500-503.
- Rocha R, Safavi-Abbasi S, Reis C, et al. Working area, safety zones, and angles of approach for posterior C1 lateral mass screw placement: a quantitative anatomical and morphometric evaluation[J]. J Neurosurg Spine, 2007, 6(3): 247-254.
- Wang MY, Samudrala S. Cadaveric morphometric analysis for atlantal lateral mass screw placement[J]. Neurosurgery, 2004, 54(6): 1436-1440.
- 陈其昕, 沈金明, 李方财, 等. 寰椎侧块置钉安全区域的建立及其应用[J]. 中华创伤杂志, 2006, 22(6): 404-407.
- 夏虹, 钟世镇, 刘景发. 寰椎侧块后路螺钉固定的应用解剖学[J]. 中国临床解剖学杂志, 2002, 20(2): 83-85.
- 闫明, 王超, 党耕町, 等. 经寰椎侧块和枢椎峡部内固定的解剖学基础[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2003, 13(1): 25-27.
- Simsek S, Yigitkanli K, Seçkin H, et al. Ideal screw entry point and projection angles for posterior lateral mass fixation of the atlas: an anatomical study[J]. Eur Spine J, 2009, 18(9): 1321-1325.
- Gupta S, Goel A. Quantitative anatomy of the lateral masses of the atlas and axis vertebrae[J]. Neurol India, 2000, 48(2): 120-125.
- Joaquim AF, Ghizoni E, Rubino PA, et al. Lateral mass screw fixation of the atlas: surgical technique and anatomy [J]. World Neurosurg, 2010, 74(2): 359-362.
- Goel A, Desai KI, Muzumdar DP. Atlantoaxial fixation using plate and screw method: a report of 160 treated patients[J]. Neurosurgery, 2002, 51(6): 1351-1357.
- Resnick DK, Benzel EC. C1-C2 pedicle screw fixation with rigid cantilever beam construct: case report and technical note[J]. Neurosurgery, 2002, 50(2): 426-428.
- Stokes JK, Villavicencio AT, Liu PC, et al. Posterior atlantoaxial stabilization: new alternative to C1-2 transarticular screws[J]. Neurosurg Focus, 2002, 12(1): 1-5.
- Gunnarsson T, Massicotte EM, Govender PV, et al. The use of C1 lateral mass screws in complex cervical spine surgery: indications, techniques, and outcome in a prospective consecutive series of 25 cases [J]. J Spinal Disord Tech, 2007, 20(4): 308-316.
- O'Brien JR, Gokaslan ZL, Suk I, et al. Open reduction of C1-C2 subluxation with the use of C1 lateral mass and C2 translaminar screws [J]. Neurosurgery, 2008, 63(1): ONS95-ONS99.
- Hu Y, Kepler CK, Albert TJ, et al. Accuracy and complications associated with the freehand C1 lateral mass screw fixation technique: a radiographic and clinical assessment[J]. J Neurosurg Spine, 2013, 18(4): 372-377.
- Coe JD, Vaccaro AR, Dailey AT, et al. Lateral mass screw fixation in the cervical spine: a systematic literature review [J]. J Bone Joint Surg Am, 2013, 95(23): 2136-2143.

(收稿日期:2014-08-11 末次修回日期:2014-12-27)

(英文编审 蒋欣/贾丹彤)

(本文编辑 李伟霞)