

·临床研究·

标准骶骨侧位像上骶神经根管前缘线对置入骶髂螺钉的作用

蔡鸿敏¹, 成传德¹, 吴学建², 王武超¹, 汤金城¹, 段卫峰¹, 张川¹, 李洪伟¹, 李无阴¹

(1. 河南省洛阳正骨医院骨盆外科, 河南 洛阳 471002; 2. 郑州大学第一附属医院骨科, 河南 郑州 450052)

【摘要】 目的: 了解骶神经根管于 S₁、S₂ 骶段内的方位、走行, 探讨标准骶骨侧位像上骶神经根管前缘线对置入骶髂螺钉的作用。方法: 将全骨盆 2.0 mm 层厚轴向平扫数据导入到 Mimics 10.0, 并应用其分别将骶骨、双侧无名骨、骶管及骶神经根管制作成 3D 图像并旋转至标准骶骨侧位及骨盆出入口位后观察骶神经根管的方位、走行。辨识标准骶骨侧位及骨盆出入口位 X 线片上骶神经根管并观察其特点。结果: 在 S₁、S₂ 骶段内骶神经根管始于同节段椎管的头端前缘的两侧, 止于同节段骶前孔, 其走行由头端、后方、内侧至尾端、前方、外侧; 在 X 线片上其密度低, 尤其在标准骶骨侧位像上常仅其前缘线显像且多有中断现象而需要仔细辨识。结论: 在标准骶骨侧位像上辨识骶神经根管前缘线并予以之作为骶髂螺钉安全通道的尾后界, 则可以避免内置物进入神经根管及骶管, 从而提高置钉的安全性。

【关键词】 骨盆骨折; 骶髂关节; 骨折固定术, 内; X 线

DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2014.04.015

Effect of the anterior aspect of sacral nerve root tunnel on iliosacral screw placement on the standard lateral image of sacrum CAI Hong-min, CHENG Chuan-de*, WU Xue-jian, WANG Wu-chao, TANG Jin-cheng, DUAN Wei-feng, ZHANG Chuan, LI Hong-wei, and LI Wu-yin. *Department of Pelvic Surgery, Luoyang Orthopaedic Hospital of Henan province, Luoyang 471002, Henan, China

ABSTRACT Objective: To introduce the location and course of S₁, S₂ sacral nerve root tunnel and to clarify the significance of the anterior aspect of sacral nerve root tunnel on placement of iliosacral screw on the standard lateral sacral view. **Methods:** Firstly the data of 2.0 mm slice pelvic axial CT images were imported into Mimics 10.0, and the sacrum, innominate bones, and sacral nerve root tunnels were reconstructed into 3D views respectively, which were rotated to the standard lateral sacral views, pelvic outlet and inlet views. Then the location and course of the S₁, S₂ sacral nerve root tunnel on each view were observed. **Results:** The sacral nerve root tunnel started from the cranial end and anterior aspect of the vertebral canal of the same segment and ended up to the anterior sacral foramen with a direction from cranial-posterior-medial to caudal-anterior-lateral. The tunnel had a lower density than the iliac cortex and greater sciatic notch on the pelvic X-rays, especially on the standard sacral lateral view, on which it showed up as a disrupted arc line and required more careful recognition. **Conclusion:** It can prevent the iliosacral screw from penetrating the sacral nerve root tunnel and vertebral canal when recognizing the anterior aspect of sacral nerve root tunnel and choosing it as the caudal-posterior boundary of the “safe zone” on the standard lateral sacral view.

KEYWORDS Pelvic fracture; Sacroiliac joint; Fracture fixation, internal; X-rays

Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2014, 27(4): 326-330 www.zggszz.com

不稳定骨盆骨折中骶髂复合体 (sacroiliac complex) 常遭受损伤, 多需要手术治疗。其治疗方法较多, 经皮置入骶髂螺钉是其中之一^[1-3]。此技术一经 Matta 等^[4]推出便很快被接受和推广, 成为治疗骶骨骨折、骶髂关节脱位或骨折脱位的标准手术方法^[5-6]。因骨盆后环的骨性解剖及相关的影像解剖较为复杂, 除此之外与置入骶髂螺钉密切相关的还有邻近的重要神经血管^[7-8], 这些组织结构与骶髂螺钉

安全通道的距离甚小^[9], 而使得操作难度大、风险高。目前, 采用传统的术中透视方式置入骶髂螺钉过程中术者所参考的影像解剖标志主要集中在标准骶骨侧位像上的髂骨皮质密度线 (iliac cortical density, ICD), 骶骨翼斜坡^[10], 出口位片上的骶前孔及入口位片上的上位骶椎及侧块前缘线^[11-15]。很明显, 这种做法是不周全的。因为在对骶神经根管缺乏足够的认知, 甚至无视其存在的情况下内置物有可能突入骶神经根管甚至骶管而导致医源性神经损伤。本文的重点在于借助医学影像处理软件 Mimics 研究骶神经根管的三维形态、方位及走行特征, 在骨盆出入口

通讯作者: 成传德 E-mail: doc_humane@163.com
Corresponding author: CHENG Chuan-de E-mail: doc_humane@163.com

位 X 线片,尤其是在标准骶骨侧位 X 线片上的走行、特点及其对置入骶髂螺钉的作用。

1 资料与方法

1.1 研究对象 对 2011 年 9 月至 2012 年 8 月于我院进行骨盆影像检查的成人的检查结果进行筛选。排除有明显骨盆后环病变及创伤所致畸形、腰椎骶化、骶椎腰化的检查结果;排除有斜向“安全通道”(见图 1)而无平向“安全通道”的检查结果(见图 2)。筛选出全骨盆 2.0 mm 层厚轴向 CT 扫描图像及所对应的标准骶骨侧位(双侧 ICD 重叠及双侧坐骨大切迹重叠)、骨盆出口位(耻骨联合上缘与 S₂ 椎体重叠)、入口位(S₁ 椎体前缘重叠)X 线片,共 39 例,男 31 例,女 8 例;年龄 18~66 岁,平均 41 岁。

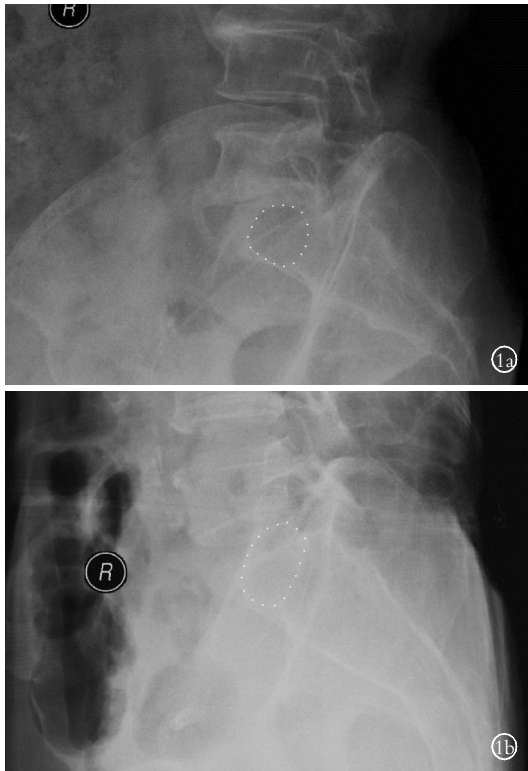


图 1 S₁ 骶髂螺钉的斜向“安全通道” **1a.** 66 岁女性患者的椎体侧块轴位 X 线片,可以清楚地辨识出椭圆形的椎体侧块轴位像,即 S₁ 骶髂螺钉的斜向“安全通道”。虚线描绘在椭圆形通道的皮质界限上,皮质界限清晰可见 **1b.** 64 岁男性患者的变异骶骨侧位 X 线片,可以清楚地辨识出椭圆形的 S₁ 骶髂螺钉的斜向“安全通道”。虚线描绘在椭圆形通道的皮质界限上,皮质界限清晰可见

Fig. 1 Oblique osseous “safe zone” for S₁ iliosacral screw **1a.** A sacral pedicle axial radiograph of a 66-year-old female exhibited the oblique osseous “safe zone” for S₁ iliosacral screw. The dotted line was painted on the osseous boundary which was clear to visualize **1b.** A variant lateral sacral radiograph of a 64-year-old male showed the ellipse-shaped oblique osseous “safe zone” for S₁ iliosacral screw. The dotted line was painted on the osseous boundary which was clear to visualize

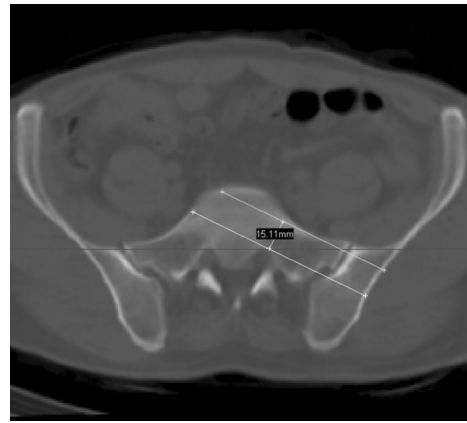


图 2 45 岁男性患者的轴向 CT 扫描图像显示双侧 ICD 连线与双侧 SNRT 前缘相切,因此其无平向“安全通道”,而仅有斜向“安全通道”。ICD: 髂骨皮质密度线;SNRT: 骶神经根管

Fig. 2 An axial pelvic CT scan of a 45-year-old male demonstrated that the line connecting the ICDs was tangential to the SNRTs, which made the transverse osseous “safe zone” disappear. However, there was still an oblique osseous “safe zone” which can accommodate at least one iliosacral screw. ICD: iliac cortical density; SNRT: sacral nerve root tunnel

1.2 研究方法 将所筛选出的 CT 扫描的数据导入 Mimics 10.0 (Materialize 公司)。通过该软件对骶骨、双侧无名骨、骶管及骶神经根管 (sacral nerve root tunnel, SNRT) 进行 3D 重建并旋转至标准骶骨侧位及骨盆出入口位后进行观察,结合轴向 CT 平扫研究 SNRT 的方位、走行,明确其意义。

通过医院影像中心 PACS 系统对筛选出的对应于每一例 CT 检查的标准骶骨侧位及骨盆出入口位 X 线片进行阅读,辨识 SNRT,观察其特点,明确其意义。

2 结果

2.1 SNRT 的方位和走行 在连续轴向 CT 平扫片上,其始于同节段椎管头端前缘的两侧。在标准骶骨侧位像上其始于同节段骶椎体头端后缘,即椎管头端前缘,呈弧形凸向后方行向尾端前侧,止于同节段骶前孔,呈“八”字的一撇或捺。在骨盆出口位 X 线片上,其始于同节段椎管头端两侧,呈弧形凸向内侧行向尾端外侧,止于同节段骶前孔,呈“八”字形。在骨盆入口位 X 线片上其始于同节段椎管前缘的两侧,呈弧形凸向内侧行向前外侧,止于椎体侧块中部的的前缘,呈“八”字形。SNRT 总的方位、走行为:起于同节段椎管头端前缘的两侧,由头端、后方、内侧行向尾端、前方、外侧,止于同节段骶前孔(见图 3)。

2.2 SNRT 的特点 SNRT 的显示较 ICD 浅淡,尤其在标准骶骨侧位 X 线片上 SNRT 多由其前缘显影为中断的浅细弧线,即骶神经根管前缘线 (anterior aspect of sacral nerve root tunnel, AASNRT),需要仔细辨识(见图 4)。出入口位上的 SNRT 显影较标准骶

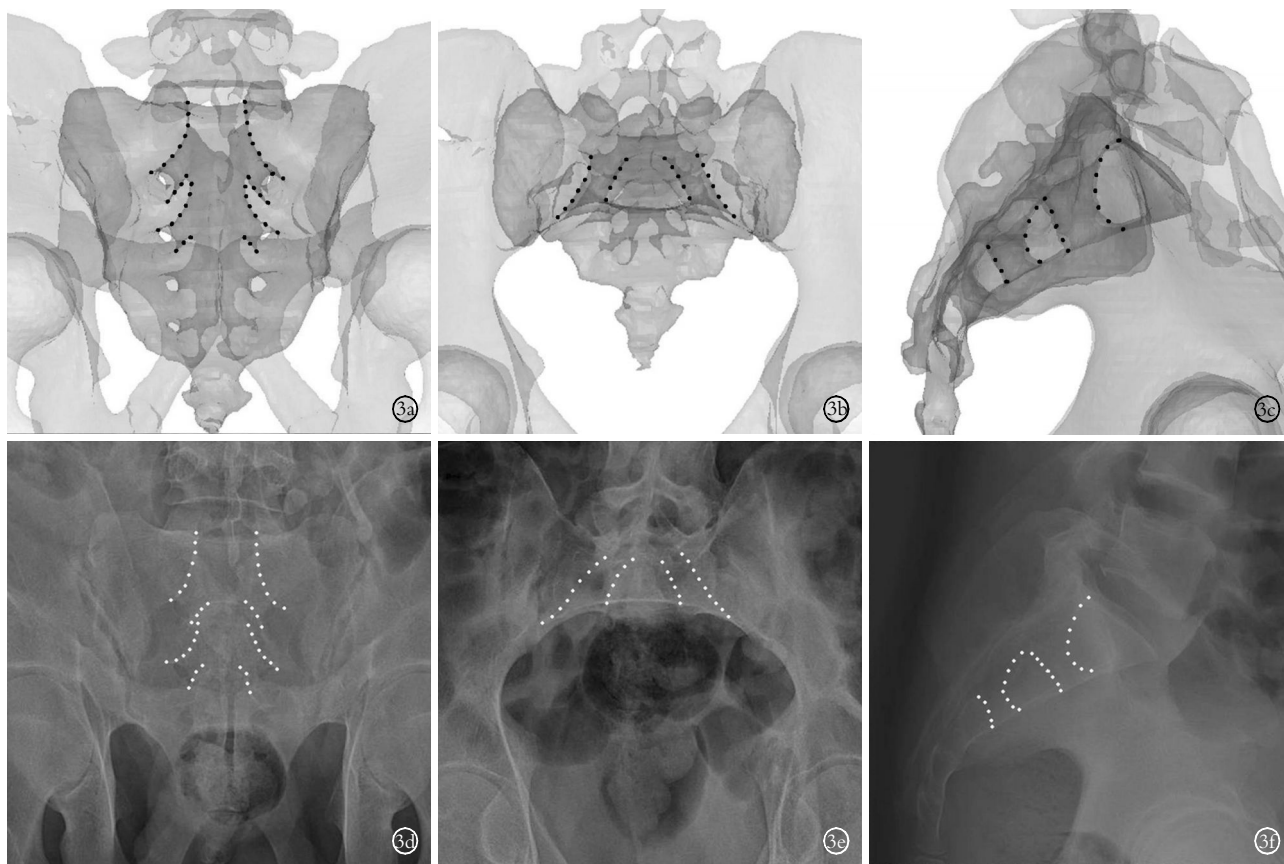


图 3 37 岁男性患者不同投照像上 SNRT 的方位及走行(虚线) 3a. 骨盆出口位 3D 重建图像 3b. 骨盆入口位 3D 重建图像 3c. 标准骶骨侧位 3D 重建图像 3d. 骨盆出口位 X 线片 3e. 骨盆入口位 X 线片 3f. 标准骶骨侧位 X 线片。SNRT: 骶神经根管

Fig. 3 All the pictures derived from a 37-year-old male patient showed the location and orientation of the SNRT (the dotted line) 3a. Pelvic outlet 3D reconstruction 3b. Pelvic inlet 3D reconstruction 3c. Standard lateral sacral 3D reconstruction 3d. Pelvic outlet radiograph 3e. Pelvic inlet radiograph 3f. Standard lateral sacral radiograph. SNRT; sacral nerve root tunnel

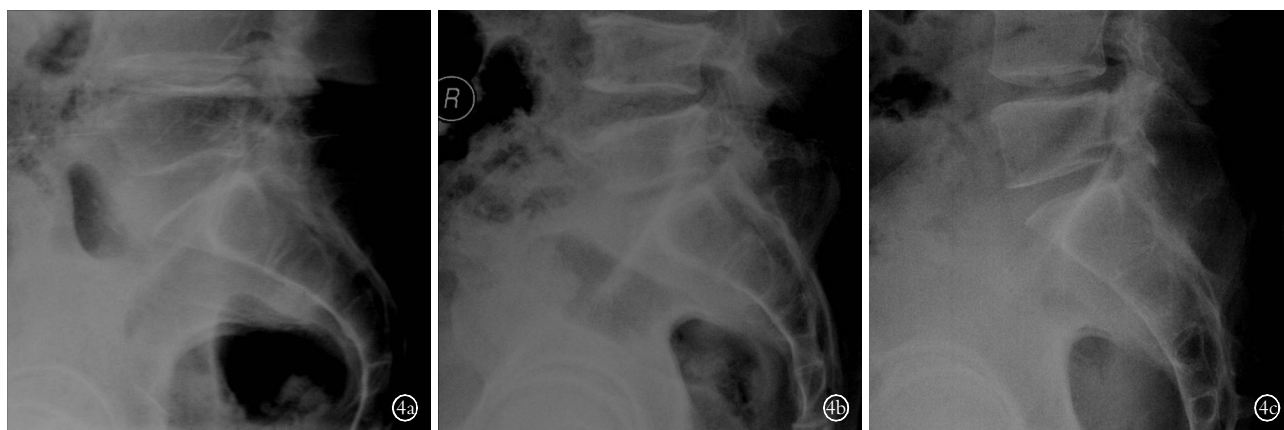


图 4 在标准骶骨侧位像上,可以清楚地辨识出 AASNRT 的方位、走行、特点及由其参与构成的 S₁、S₂ 骶髂螺钉的平向“安全通道” 4a. 56 岁女性患者的标准骶骨侧位 X 线片 4b. 64 岁男性患者的标准骶骨侧位 X 线片 4c. 26 岁男性患者的标准骶骨侧位 X 线片。AASNRT: 骶神经根管前缘线

Fig. 4 On all of these standard lateral sacral radiographs, the location, orientation, and characteristics of the AASNRT as well as the transverse osseous “safe zone” for S₁ and S₂ iliosacral screws were clearly visualized 4a. A standard lateral sacral X-ray derived from a 56-year-old female patient 4b. A standard lateral sacral X-ray derived from a 64-year-old male patient 4c. A standard lateral sacral X-ray derived from a 26-year-old male patient. AASNRT; anterior aspect of sacral nerve root tunnel

骨侧位上的 AASNRT 易受肠内容物等的影响。

2.3 SNRT 的意义 SNRT 头前方为骶椎及侧块骨

质,是骶髂螺钉的安全骨性区域;其内部容纳骶神经根、尾后方为椎管及其内容物,是骶髂螺钉的禁区。

3 讨论

骶髂螺钉可经皮微创置入, 直接固定复位后的骶髂关节和(或)骶骨骨折, 可提供良好的骨盆生物力学稳定性, 并具有创伤小、内置物及并发症少等优点, 是治疗骨盆后环损伤的标准方法^[5-6]。经皮置入骶髂螺钉的方式有多种, 包括传统的术中 C 形臂 X 线透视、CT 引导、计算机导航等。传统的术中透视置钉相比其他方式有较多优势, 如除 C 形臂 X 线透视外无须其他繁重的器械设备, 费用低, 易于操作和推广, 可在全麻下操作并处理其他合并损伤等而应用最广。Roult 等^[16]对骨盆后环复位良好的患者采用传统方式经皮置入骶髂螺钉并取得了良好的临床效果。为了安全、成功地置入骶髂螺钉, 术者必须掌握骨盆后环影像解剖, 尤为重要是必须掌握骶髂螺钉骨性通道界限的影像解剖标志, 包括限定其尾后界的 AASNRT。

3.1 骨盆出入口位及标准骶骨侧位 X 线片上的 SNRT SNRT 起于同节段椎管头端前缘的两侧, 由头端、后方、内侧行向尾端、前方、外侧, 止于同节段骶前孔。在骨盆出入口位上 SNRT 所呈现的“八”字形外观的成因在于其内外侧壁的薄弱骨皮质与其内部所容纳软组织及其周围的松质骨不同的 X 线透射率。通过连续的轴向 CT 扫描层面观察可见 SNRT 只有在接近其出口即骶前孔的部分才形成真正的管状结构。因此, 在标准骶骨侧位像上多仅由 AASNRT 显影且多有中断现象。骨盆出入口位上 SNRT 的意义在于当导针尖行进至其外侧壁时必须停止, 否则将有可能损伤骶神经根^[17-18]。然后须透视标准骶骨侧位像, 此时导针尖需在 AASNRT 的头端前侧, 当然也需要在骶骨翼斜坡的尾端后侧, 说明导针完全在“安全通道”的限制内。之后, 导针可继续行进至出入口位的合适位置。由此可见, AASNRT 是避免骶髂螺钉突破“安全通道”尾后界并确认其安全性有着重大意义的影像解剖标志。

3.2 骶髂螺钉骨性通道 S₁ 骶髂螺钉的“安全通道”位于 L₅、S₁ 神经根之间, 且为完全骨性通道^[19-21]。在标准骶骨侧位 X 线片上 S₁ 骶髂螺钉平向“安全通道”由 AASNRT 与骶椎前缘线 (anterior aspect of sacral vertebrae, AASV) 及由 ICD、骶骨翼斜坡^[10, 22]共同围成。需要注意的是, 当在连续轴向 CT 扫描层面上双侧 ICD 连线相切于或通过双侧 SNRT 时无平向“安全通道”(见图 2)。因本文目的主要在于阐述 AASNRT, 故在搜集图像资料时已将此类资料排除。S₂ 骶髂螺钉的“安全通道”位于 S₁、S₂ 神经根之间亦为完全骨性通道; 在标准骶骨侧位像上 S₂ 骶髂螺钉平向“安全通道”由 AASNRT 与经 S₁ 骶前孔下缘的

S₁ 上终板平行线、AASV 共同围成。S₁ 骶髂螺钉的斜向“安全通道”由骶骨翼斜坡及 AASNRT 围成, 国外学者将其称为门庭 (vestibule)^[15] 或瓶颈 (bottleneck)^[23]。而且国外学者研究发现几乎所有的 S₁ 均具有至少可以容纳 1 枚大型螺钉 (直径 6.5~8.0 mm) 的斜向“安全通道”^[19-20]。

3.3 骶髂螺钉骨性通道的获得及对应的安全置钉方式 S₁、S₂ 骶髂螺钉的平向“安全通道”存在于标准的骶骨侧位 X 线片上。学者们已论证了标准骶骨侧位的重要性^[10, 24-25], 因其可提供额外的较出入口位更加充分的信息来指导安全置钉, 主要表现在依照 ICD、骶骨翼斜坡对进钉点的定位上, 但都忽略了 AASNRT 的存在。有了本文对 AASNRT 的论述, 使得标准骶骨侧位像的意义更加明确, 因其展现了完整的骶髂螺钉的平向“安全通道”。术中将进钉点确定于通道内并在出入口位的监视下调整好导针头端、前方、内侧的正确指向即可以直接解除导针对骶神经根管及骶管内容物的威胁。某些类型的骨折, 如 OTA-61C1.3、2.3、3.2、3.3 等, 需要置入横贯骶髂螺钉 (transiliac transsacral screw)^[17] 时尤为简便, 将进钉点确定在平向“安全通道”内并将导针的投影调整成点状之后打过骶骨 2 层皮质, 进而在出入口位像监视下确定骶髂螺钉的合适长度即可。

S₁ 骶髂螺钉的斜向“安全通道”的获取方式有两种: 一是 Hou 等^[26] 近来发现的骶骨翼侧块轴位像 (sacral pedicle axial view, SPAV)。这种投照体位要求患者俯卧, 首先透视出标准骶骨侧位像, 然后在此基础上将 C 形臂 X 线投照方向向患者腹侧及头端做一定角度的调整后即可投照出椭圆形骶骨翼侧块轴位像 (见图 1a)。当患者无法俯卧时 SPAV 透视实施难度较大、不易操作, 因此时进钉点过于偏尾后外, 平卧时操作空间过于狭小, 即便是将腰骶部垫高仍难以进行。二是 Mendel 技术。患者仰卧, 首先透视出患侧标准骶骨侧位像, 然后在此基础上将 X 线投照方向向患者腹侧做一定角度的调整^[27], 此时骶骨翼斜坡及 AASNRT 可同时显现而形成椭圆形的骶髂螺钉斜向“安全通道”(变异骶骨侧位像) (见图 1b)。一旦获得斜向通道, 则置钉过程变得简单, 与置入横贯骶髂螺钉方法相同, 关键在于将导针投影调整成点状。

总之, 在对符合适应证的患者进行骶髂螺钉置入操作过程中, 首先透视出标准骶骨侧位像, 辨识出 AASNRT 并以其作为骶髂螺钉“安全通道”的尾后界, 找出骶髂螺钉的“安全通道”, 然后经由不同的置钉方式可得到内置物未突破“安全通道”限制、未损伤周围重要组织结构的直接证据, 从而保证了置钉

的安全性。

参考文献

- [1] 李明,徐荣明,校佰平,等.经皮空心骶髂螺钉 LX 内固定技术的临床应用[J].中国骨伤,2008,21(11):814-817.
Li M,Xu RM,Xiao BP,et al. Percutaneous lag screw internal fixation of LX technique for the sacroiliac joint injury[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma,2008,21(11):814-817. Chinese with abstract in English.
- [2] 葛建华,徐瑞生,雷玉凯,等.垂直旋转不稳定型骨盆骨折的手术治疗探讨[J].中国骨伤,2008,21(11):821-823.
Ge JH,Xu RS,Lei YK,et al. Surgical treatment for rotationally and vertically unstable pelvis fracture[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma,2008,21(11):821-823. Chinese with abstract in English.
- [3] 李绍光,刘智,李京生,等.经皮骶髂螺钉固定治疗垂直不稳定型骨盆骨折[J].中国骨伤,2011,24(2):116-118.
Li SG,Liu Z,Li JS,et al. Treatment of vertical unstable pelvic fracture by percutaneous iliosacral screws fixation[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma,2011,24(2):116-118. Chinese with abstract in English.
- [4] Matta J,Saucedo T. Internal fixation of pelvic ring fractures[J]. Clin Orthop Relat Res,1989,(242):83-97.
- [5] Routt ML Jr,Simonian PT. Closed reduction and percutaneous skeletal fixation of sacral fractures[J]. Clin Orthop Relat Res,1996,(329):121-128.
- [6] Griffin DR,Starr AJ,Reinert CM,et al. Vertically unstable pelvic fractures fixed with percutaneous iliosacral screws; does posterior injury pattern predict fixation failure[J]. J Orthop Trauma,2003,17(6):399-405.
- [7] Templeman D,Schmidt A,Freeze J,et al. Proximity of iliosacral screws to neurovascular structures after internal fixation[J]. Clin Orthop Relat Res,1996,(329):194-198.
- [8] Ebraheim NA,Lu J,Biyani A,et al. Location of the first and second sacral nerve roots in relation to pedicle screw placement[J]. Am J Orthop(Belle Mead NJ),2000,29(11):873-877.
- [9] Mirkovic S,Abitbol JJ,Steinman J,et al. Anatomic consideration for sacral screw placement[J]. Spine(Phila Pa 1976),1991,16(6 Suppl):S289-294.
- [10] Routt ML Jr,Simonian PT,Agnew SG,et al. Radiographic recognition of the sacral alar slope for optimal placement of iliosacral screws: a cadaveric and clinical study[J]. J Orthop Trauma,1996,10(3):171-177.
- [11] Xu R,Ebraheim NA,Robke J,et al. Radiologic and anatomic evaluation of the anterior sacral foramina and nerve grooves[J]. Spine(Phila Pa 1976),1996,21(4):407-410.
- [12] Ebraheim NA,Xu R,Biyani A,et al. Morphologic considerations of the first sacral pedicle for iliosacral screw placement[J]. Spine(Phila Pa 1976),1997,22(8):841-846.
- [13] Noojin FK,Malkani AL,Haikal L,et al. Cross-sectional geometry of the sacral ala for safe insertion of iliosacral lag screws: a computed tomography model[J]. J Orthop Trauma,2000,14(1):31-35.
- [14] Jackson H,Burke JT. The sacral foramina[J]. Skeletal Radiol,1984,11(4):282-288.
- [15] Carlson Da,Scheid DK,Maar DC,et al. Safe placement of S₁ and S₂ iliosacral screws; the "vestibule" concept[J]. J Orthop Trauma,2000,14(4):264-269.
- [16] Routt ML Jr,Kregor PJ,Simonian PT,et al. Early results of percutaneous iliosacral screws placed with the patient in the supine position[J]. J Orthop Trauma,1995,9(3):207-214.
- [17] Routt ML Jr,Meier MC,Kregor PK,et al. Percutaneous iliosacral screws with the patient supine technique[J]. Operative Techniques Orthop,1993,3:35-45.
- [18] Routt ML Jr. Supine positioning for the placement of percutaneous sacral screws in complex posterior pelvic ring trauma[J]. Orthop Trans,1992,16:220.
- [19] Conlitti JM,Graves ML,Chip Routt ML Jr. Radiographic quantification and analysis of dysmorphic upper sacral osseous anatomy and associated iliosacral screw insertions[J]. J Orthop Trauma,2010,24(10):630-636.
- [20] Gardner MJ,Morshed S,Nork SE,et al. Quantification of the upper and second sacral segment safe zones in normal and dysmorphic sacra[J]. J Orthop Trauma,2010,24(10):622-629.
- [21] Beaulé PE,Antoniades J,Matta JM. Trans-sacral fixation for failed posterior fixation of the pelvic ring[J]. Arch Orthop Trauma Surg,2006,126(1):49-52.
- [22] 蔡鸿敏,成传德,张俊,等.骨盆轴向 CT 扫描在平向骶髂螺钉内固定术中的应用[J].中医正骨,2013,25(6):34-37.
Cai HM,Cheng CD,Zhang J,et al. The guidance of pelvic axial CT scan for transverse iliosacral screw placement[J]. Zhong Yi Zheng Gu,2013,25(6):34-37. Chinese.
- [23] Ziran BH,Wasan AD,Marks DM,et al. Fluoroscopic imaging guides of the posterior pelvis pertaining to iliosacral screw placement[J]. J Trauma,2007,62(2):347-356.
- [24] Giannoudis PV,Papadokostakis G,Alpantaki K,et al. Is the lateral sacral fluoroscopic view essential for accurate percutaneous sacroiliac screw insertion? An experimental study[J]. Injury,2008,39(8):875-880.
- [25] Mendel T,Noser H,Wohrhab D,et al. The lateral sacral triangle—a decision support for secure transverse sacroiliac screw insertion[J]. Injury,2011,42(10):1164-1170.
- [26] Hou Z,Zhang Q,Chen W,et al. The application of the axial view projection of the S₁ pedicle for sacroiliac screw[J]. J Trauma,2010,69(1):122-127.
- [27] Mendel T,Wohrhab D,Radetzki F,et al. The smart screw: a fancy skill for sacroiliac screw insertion[J]. J Trauma Acute Care Surg,2012,72(4):1089-1092.

(收稿日期:2013-08-06 本文编辑:连智华)