

第1仙椎近傍における神経・血管解剖

— Iliosacral screw 刺入における合併症予防をめざして —

奈良県立医科大学救急医学教室

前田 裕 仁, 稲田 有 史, 川西 弘 一, 三野 浩 也
相澤 茂 幸, 野 阪 善 雅, 福 島 英 賢, 宮 本 誠 司

JAPANESE MORPHOLOGIC CONSIDERATIONS FOR ILIOSACRAL SCREW PLACEMENT

YUJI MAEDA, YUJI INADA, KOICHI KAWANISHI, HIROYA MITSUNO
SHIGEYUKI AIZAWA, YOSHIMASA NOSAKA, HIDETADA FUKUSHIMA and SEIJI MIYAMOTO
Department of Emergency and Critical Care Medicine, Nara Medical University

Received October 15, 1999

Abstract: Iliosacral screw placement has recently become a popular method of treatment for pelvic disruption fractures. It provides stable fixation that is biomechanically equal or superior to other techniques and requires less invasive surgery. However, recently, some iatrogenic complications have been reported, including radiculopathy of lumbo-sacral nerve, and arterial injury derived from miscannulation of screws in fluoroscopic image-guided procedures. The purpose of this study was to investigate the proximity of neurovascular structures in Japanese people to the first sacral (S1) body in which screws will be inserted. Twenty-five human Japanese cadavers were investigated. The distance to each structure was measured from the mid-point of the promontorium in the surface parallel to the S1 body. Latitudinal measurement was performed: X longitudinal: Y. The mean distances were as follows: 1.) L3: X, 43.7±9.0 mm, Y, 19.3±9.5 mm; 2.) L4: X, 42.6±12.1 mm, Y, 20.9±10.0 mm; 3.) L5: X, 33.9±6.4 mm, Y, 24.5±9.0 mm; 4.) internal iliac vein: X, 28.5±8.5 mm, Y, 7.4±7.5 mm; 5.) internal iliac artery: X, 28.7±10.4 mm, Y, 5.5 mm±10.0 mm. These results suggest that if screws penetrate the sacral body, the L5 nerve will be severely injured. Vascular structures will escape screw-related injury.

(*奈医誌. J. Nara Med. Ass.* 50, 524~530, 1999)

Key words: iliosacral screw, anatomy, S1 pedicle, complication, pelvic fracture

背 景

不安定性骨盤骨折は、第三次救命救急医療において、治療上の多くの問題点を有する疾患であり、死亡率は5-20%、初療時に出血性ショックをきたす症例では、その死亡率は50%にも達する²²⁾。しかし、近年の救急医療の発展によって、早期の骨固定とTAE(Trans arterial embolization)を行うことにより、その死亡率を10%以

下にまで改善させたとする報告がある¹⁸⁾。当教室でも、重症骨盤見折が救命されるにあたり、その後の機能予後があらたな問題として浮上してきた。不安定性骨盤骨折の長期予後の検討では骨盤輪を残せば歩行障害や仙腸関節部の疼痛などにより患者のADLにきわめて悪影響を与えるという^{5,8,14,22)}。治療手段として1978年にLetrounel et al¹⁵⁾によって開発された仙腸関節を内固定する iliosacral screw(仙腸関節固定スクリュー)は従来広く

用いられてきた創外固定法より固定力に優れているため近年急速に普及している手技である^{2,14)}。特に, Routt et al¹⁶⁾によって仰臥位から, イメージ透視下のもと経皮的に挿入が可能とする手術方法が紹介されてのち, 本邦でも救命救急センターを中心に早期に不安定性骨盤骨折を観血的に整復する試みがなされている。その具体的な方法は腹臥位の患者の腸骨大坐骨切痕上部の腸骨翼より仙骨翼を經由して第1仙骨椎体にX線透視下に2mmのKirschner鋼線(以下K-wire)を挿入し位置を確認後ワッシャー付き6.5mm中腔海綿骨ラグスクリュー(以下スクリュー)を留置するものである²⁾。しかしながら第1仙骨近傍には, 前方腹腔内に神経, 血管, 内臓, 泌尿器構造物が仙骨前面に位置し, 後方に脊髄腔ならびに神経腔が位置するため^{1,20)}スクリューの挿入時には潜在的にこれらの構造物を損傷する可能性がある。損傷が発生した場合には, 出血, 神経障害, 感染, 慢性疼痛といった合併症を引き起こす^{1,2,10)}。これを回避するためには, CTガイド下・コンピューターガイド下でのスクリュー刺入¹⁷⁾, 術中感覚・運動神経モニタリングの併用¹⁵⁾, 稲田による鈍的刺入法²²⁾などが報告されてきたが, スクリュー刺入にあたって第1仙骨周囲の構造物の解剖学的位置関係の十分な知識を持つことが重要であることは多くの研究者が強調しているところである^{1,2,14,10)}。しかしながら, 手術手技上必要となる解剖学的研究は, 海外に2編の論文をみるにすぎず^{1,2,6)}, 本邦での報告はわれわれの知る限り認められない。この研究の目的は本邦におけるスクリュー留置に関係する第1仙骨周囲の神経・血管系の正確な位置を, 献体を用いて検討することである。

対象と方法

以前に脊椎手術を受けていない1999年度の奈良県立医科大学基礎医学課程の系統解剖実習における日本人献

体25人(男性10人, 女性15人, 年齢:65歳から102歳, 平均年齢:82.5歳)において調査した。系統解剖実習により献体は仰臥位で後腹膜腔以外の腹腔内容物を除去した後第3腰椎レベルのaxial断面で切断されており更に骨盤は恥骨結合の正中及び仙骨のほぼ正中矢状断面で折半されていた²⁰⁾。25体の献体のうち解剖手技上の理由で1体が全く測定不能であり, 11体が片側のみ測定が可能であった。両側を測定できたのは13体でありそのうち5箇所は血管系の測定が行えなかった。スクリュー留置の目標は腸骨翼外縁2.5cmから第1仙骨椎体である。第1仙骨椎体に特徴とされる岬角の中央点を基準点にして水平面をx軸, 矢状面をy軸として, 臨床的にCT画像で術前に得られる第1仙椎岬角を含む断面像での, 各神経, 血管の位置関係を調べた。臨床スクリューが腹腔へ誤刺入された場合に損傷される可能性の高い以下の血管, 神経の距離を測定した。1:第3腰椎神経根(閉鎖神経を形成している) 2:第4腰椎神経根 3:第5腰椎神経根 4:内腸骨静脈 5:内腸骨動脈である。

結 果

25体の献体のうち37箇所での測定が可能であった。

1. 第3腰椎神経根(以下L3と略す): X; 43.7±9.0 mm(SD±SE:以下同様), Y; 19.3±9.5 mm. 2. 第4腰椎神経根(以下L4と略す): X, 42.6±12.1 mm, Y; 20.9±10.0 mm. 3. 第5腰椎神経根(以下L5と略す): X; 33.9±6.4 mm, Y; 24.5±9.0 mm. 4. 内腸骨静脈: X; 28.5±8.5 mm, Y; 7.4±7.5 mm, 5. 内腸骨動脈: X, 28.7±10.4 mm, Y; 5.5 mm±10.0 mm(Table 1とFig. 1)。血管系はx軸においてはほぼ岬角と同じレベルに存在した。内腸骨動脈および同静脈はほぼ同じ分布を示したが一献体においては動脈は静脈の前方に位置する。

一方神経系であるが第4腰椎神経根および第5腰椎神

Table 1. The results of measurement.

	mean	S.D.	S.E.	case	Min.	Max.
L3-x	43.703	9.033	1.485	37	24.500	64.00
L3-y	19.311	9.545	1.569	37	0.000	41.500
L4-x	42.757	12.122	1.933	37	22.000	68.000
L4-y	20.878	9.974	1.640	37	3.000	47.500
L5-x	33.919	6.355	1.045	37	22.500	47.500
L5-y	24.541	8.958	1.473	32	4.000	48.000
A-x	28.703	10.429	1.844	32	7.500	51.500
A-y	5.484	9.983	1.765	32	-13.000	25.000
V-x	28.469	8.474	1.498	32	12.500	43.500
V-y	7.359	7.537	1.332	32	-6.000	28.000

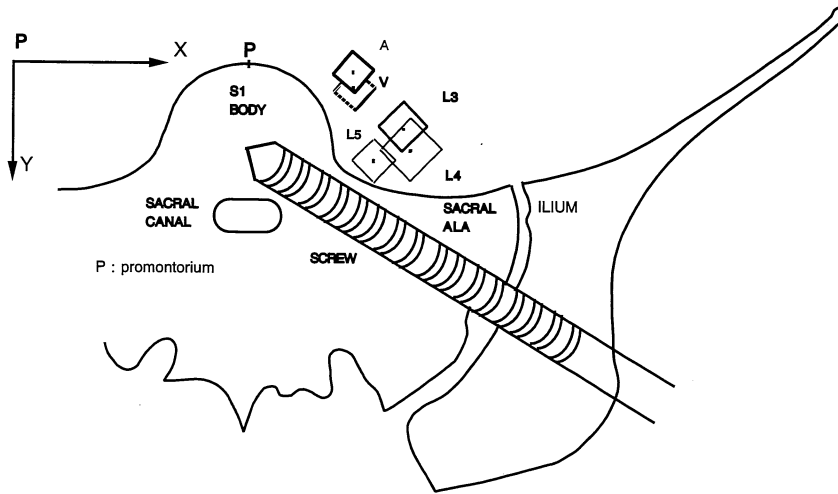


Fig. 1. The schema of neurovascular structures on the level of the axial plane of the S1 body.

神経根が仙骨前面に近接していた。特に、第5腰椎神経根は仙骨翼にほぼ接して存在していた(Fig. 2)。

考 察

不安定性骨盤骨折の治療手段として数々の方法が考案されてきたが、1978年に Letrounel et al^{15,16)} によって開発された仙腸関節を内固定する iliosacral screw は従来行われている創外固定法より固定力に優れ、その機能的予後を改善することが報告されている。さらに手術方法も腹臥位にて後方展開する方法から、Roult et al による仰臥位にて透視下での経皮的にスクリューを留置する方法が考案され、その簡便さゆえ広く用いられつつある^{16,18)}。この方法の利点は腹臥位での観血的刺入法に比べ手術時間の短縮、術中出血量の減少および創の感染率を低下させることにある^{15,16,18)}、しかし Roult et al の方法ではまず K-wire での刺入が必須であるため誤刺入は避けられない。このため我々は鈍的刺入法を採用し、その有用性を報告してきた²²⁾。この方法は鋭利な K-wire を深く刺入することがないため合併症の発生をより低く押さえることができると考えている。

Ilio sacral screw 留置に伴う潜在的な合併症には^{14,16)}、スクリューの誤刺入による神経または血管損傷、創感染、偽関節などがあるが、その中で最も多く認められるのはスクリューの神経管内への誤挿入あるいはスクリューが仙骨を穿通し神経根を圧迫するものである。諸報告によれば Matta et al^{15,16)} は 87 例中 1 例(1%)、新藤らは 17

例中 1 例²²⁾(6%)、Schuler et al^{15,16)} は 20 例中 0 例(0%)、Roult et al⁴⁾ は 177 例中 5 例(3%)にスクリュー刺入後の神経症状の発生を報告している。Templeman et al⁹⁾ は 31 例中 5 例に神経孔へのスクリュー迷入を認めたが幸運なことにこれらはいずれも神経症状を呈さなかった。神経孔へ誤刺入されたすべてに神経症状を示すものではないと考えられる。

しかし Farcy et al¹¹⁾ は第 1 仙骨神経孔に挿入されていたスクリューにより硬膜を損傷し髄液流出を来した例を報告している。

稲田ら²²⁾ は 9 例 17 本のスクリュー刺入中 1 例に仙骨前面へ突出し第 5 腰椎神経根障害を来しスクリューの抜去により速やかに症状が改善した 1 例を報告した(Fig. 3)。Pattee et al¹²⁾ はスクリュー留置後神経孔に仮骨が形成され第 5 腰椎神経根障害を来した 1 例を報告した。血管系の障害については報告が少ないものの Altman et al¹⁰⁾ が iliosacral screw の挿入中に上殿動脈を損傷し手術中も出血が止まらず緊急の血管塞栓術にて止血し得た症例を報告した。

一方、腸管や泌尿器系臓器への損傷は報告されていない。

これらのスクリュー刺入の合併症を予防するため、これまでにいくつかの解剖学的検索を行うことによって解決しようという試みがなされてきた。Mircovic et al¹⁾ は 22 人の人間献体において仙骨後方刺入の報告を行い 45 度の刺入では 55% で神経の障害があったという。Ebra-

heim et al²⁾ は 11 人の人間献体の骨盤において大坐骨切痕上部より S1 椎体に平行な軸でのスクリュー挿入における椎体と仙骨孔の関係について調べ第 1 仙骨椎体に同方向から 2 本以上のスクリュー挿入は危険が高いと報告していた。臨床的には Templeman et al⁶⁾ は 31 人の患者に 57 本のスクリュー挿入を行い術後に骨盤 CT 検査を行ってスクリューと第 1 仙骨神経孔, 仙骨前面, 仙骨神経管との距離を測定した。彼らの報告によればスクリューと第 1 仙骨神経孔の間の平均距離は 3.0 mm 土

2.9 mm, スクリュー先端から仙骨前面への平均の距離は 15.9 mm(最小 0 mm から最大 42.4 mm まで)と極めて近接し, 57 本中 5 本(9%)が神経孔に誤刺入を認めたという。また 57 本中 1 本(18%)が, 仙骨翼前面を穿通した後腹膜腔を經由して再度第 1 仙骨椎体に挿入(in-out-in)されていたと述べている。

今回われわれの結果よりスクリューの in-out-in では一旦スクリューが後腹膜腔に突出するものの再度 S1 椎体に挿入されるため x 軸においてほぼ岬角と同じレベ

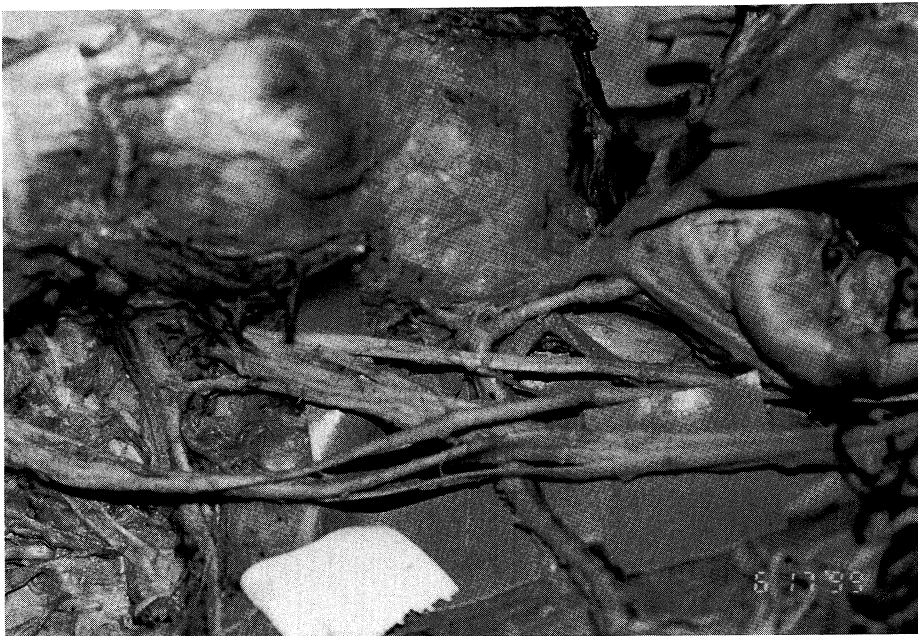
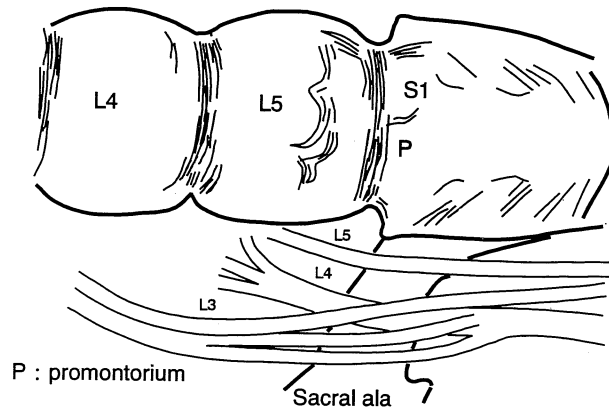


Fig. 2. The macroscopic finding and the schema of anatomical dissection near the S1 body. L5 exists on the surface of the sacral ala.



Fig. 3. A postoperative CT scan revealed that an iliosacral screw was in the extra-osseous area. (A 69-year-old man : in-out-in phenomenon)

ルに存在する血管系は損傷を受けにくい一方、ほぼ仙骨翼と接するL5の神経根症状は避けられないと考えられた。これはx軸においてはほぼL5およびL4は同じレベルに存在するがy軸においてはL4はL5よりも外側に位置するため、そのためスクリーへの突出による影響を受けにくいものと考えられた。

既述したスクリーにおける神経、血管系の合併症を回避するための解剖学的な検索以外にも、1. 適切な術中X線透視方法。2. 術中CTイメージ下における挿入。3. 術中神経モニタリングのような様々な方法が報告されてきた。

1. について Roult et al^{4,9,16,18)} は従来の2方向の像(in-let, out-let)だけでなく左右の大坐骨切痕を重ね合わせることで得られる第3の像である True-lateral を用いることでスクリーの誤挿入の発生をなくすことが出来たと報告している⁴⁾。しかし Altman の報告しているスクリーを挿入中に上股動脈を損傷した症例は True-lateral 像を観察し挿入しており X線透視下による挿入は最も一般的に普及している方法ではあるが腹腔内ガス像の著明なものや極度の肥満者では X線透視に限界があることは Roult 自身が認めているところである^{18,22)}。

2. の CT イメージ下における挿入は今後考慮されてよ

い方法と思われるが①CTガントリーに入ることの出来る単純型の骨折しか行うことができない。②血行動態が落ち着いている場合に限られる。③骨盤骨折では合併損傷を伴いやすく頭部、腹部、胸部等に損傷がある場合、その部位の治療を行うことができない。④莫大な設備投資と大勢のスタッフが必要¹⁵⁾。などの理由により、残念ながら導入は進んでいない。

3の術中神経モニタリング¹³⁾はCTでも判明しなかったスクリーの神経への接触を指摘できたとの報告があり、興味深い。我々は6例に本邦で初めて鈍的刺入法と運動機能モニタリングとを組み合わせたスクリー固定を行い、最終的に全例に神経学的後遺症を残さず、満足できる結果を得た²²⁾。

100%安全な刺入方法が確立されていない現状ではまず第1仙骨レベルの解剖学的根造を理解した上で iliosacral screw 刺入を行う必要があると考えられ、もし万一合併症の発生をみる場合には速やかに対応すべきである。

結 語

日本人献体25人の第1仙骨周囲の神経血管構造物の所在を岬角を基準として検討した。動静脈は岬角と同じレベルに多く存在しスクリーによる障害を受けにくい

ものと考えられた。神経においてはL4, L5は仙骨表面を走行し、不適切なスクリュー留置によって容易に影響を受けることが示唆された。

文 献

- 1) Mirkovic, S., Abitbol, J. J., Steinman, J. Edward, C. C., Schaffler, M., Massie, J. and Carfin, S. R. : Anatomic consideration for sacral screw placement. *Spine*. **16S6** : 289-294, 1991.
- 2) Ebraheim, N. A., Xu, R., Biyani, A. and Nadaud, M. C. : Morphologic considerations of the first sacral pedicle for iliosacral screw placement. *Spine*. **22** : 841-846, 1997.
- 3) 羽柴謙作, 沢口 毅, 酒井康一郎 : 骨盤輪不安定骨折に対する骨接合術の1例. 整・災外. **42** : 287-291, 1999.
- 4) Routt, M. L. C., Simosian, P. T. and Mills, W. J. : Iliosacral screw fixation: Early complications of the percutaneous technique, *J. Orthop Trauma* **11** : 584-589, 1997.
- 5) Marvin, T. : Fracture of the pelvis and acetabulum. 2nd ed.: Williams and Wilkins, Baltimore, 224-245, 1995.
- 6) Brighton, C. T. : Clinical orthopaedics and related research.: Techniques and outcome in pelvic fractures, Lippincot, Philadelphia, p396-398, 1996.
- 7) 日野浩之, 藤谷正紀 : 腸腰動・静脈の損傷による術後後腹膜血腫をきたしたL5/S1椎間孔部ヘルニアの1例. 臨整外. **34** : 659-663, 1999.
- 8) J. シャッカー, M. タイル : 骨折 理論的治療と実際 第2版. シュプリンガー・フェアラーク東京, 東京, p232-284, 1998.
- 9) Routt, M. L. C., Simosian, P. T., Agnew, S. G. and Mann, F. A. : Radiographic recognition of the sacral alar slope for optimal placement of iliosacral screws: A cadaveric and clinical study. *J. Orthop Trauma* **10** : 171-177, 1995.
- 10) Altman, D. T., Jones, C. B. and Routt, M. L. C. : Superior gluteal artery injury during iliosacral screw placement. *J. Orthop Trauma* **13** : 220-222, 1999.
- 11) Farcy, J. P. C., Rawlins, B. A. and Glassmann, S. D. : Technique and results of fixation of the sacrum with iliosacral screws. *Spine* **17S**, p190-195, 1992.
- 12) Pattee, G. A., Bohlman, H. H. and McAfee, P. C. : Compression of a sacral nerve as a complication of screw fixation of the sacro-iliac joint. *J. Bone Joint Surgery*, **68-A**, 769-771, 1986.
- 13) Moed, B. R., Ahmad, B. K., Craig, J. G., Jacobson, G. P. and Andes, M. J. : Intraoperative monitoring with stimulus-evoked electromyography during placement of iliosacral screws. *J. Bone Joint Surgery*, **80-A**, p537-546, 1998.
- 14) Xu, R., Ebraheim, N. A., Robke, J. and Yeasting, R. A. : Radiographic evaluation of iliosacral screw placement. *Spine*. **21** : 582-588, 1996.
- 15) Shuler, T. E., Boone, D. C., Gruen, G. S. and Peitzman, A. B. : Percutaneous iliosacral screw fixation: early treatment for unstable posterior pelvic ring disruptions. *J. Trauma*. **38** : 453-458, 1995.
- 16) Routt, M. L. C., Simonian, P. T. and Inaba, J. : Iliosacral screw complications. *Operative Technique in Orthopaedics*. **7** : 206-220, 1997.
- 17) Barrick, E. F., O'mara, W. J. and Lane III, H. E. : Iliosacral screw insertion using computer-assisted CT image guidance: A laboratory study. *Computer Aided Surgery* **3** : 289-296, 1998.
- 18) Routt, M. L. C., Meiner, M. C., Kregor, P. J. and Mayo, K. A. : Percutaneous iliosacral screws with the patient supine technique. *Operative Techniques in Orthopaedics*. **3** : 35-45, 1993.
- 19) Miller, M. D., Caine, J. E., Laueran, W. C., Littlefield, W. C., Platenberg, R. C., and Wilson, M. R. : Posterior sacroiliac fixation using a sacral pedicle targeting device: An anatomical study. *J. Orthop Trauma*. **7** : 514-520, 1993.
- 20) 寺田春水, 藤田恒夫 : 解剖実習の手びき. 南山堂, 東京, pp.250-270, 1994.
- 21) Routt, M. L. C., Simosian, P. T., Kregor, P. J. and Mayo, K. A. : Early results of percutaneous iliosacral screws placed with the patient in the supine position. *J. Orthop Trauma*. **9** : 207-214, 1995.
- 22) 稲田有史, 北川信一郎, 宮本誠司, 井上聡己, 坂本

(530)

前 田 裕 仁 他7名

尚典, 川口昌彦, 古屋 仁: Iliosacral screw を使用
した不安定性骨盤骨折の観血的整復固定術——鈍的

刺入法と運動機能モニタリング——. 日本救急医学
会雑誌. 1999 in press.