

MISS VOiCE

Minimally Invasive Spine Surgery

Vol.9

Voice of Customer Elevating Best Practices Pioneering What matters

Single position PPS

Viper Prime™を用いたLateral Interbody Fusionと
側臥位PPS固定のコンビネーション—single position OLIFの実際と工夫
折田 純久 先生

最小侵襲脊椎手術におけるViper Prime™の有用性
檜山 明彦 先生



巻 頭 言

Single Position PPS

今回のテーマは側臥位PPSです。MIS-LIF(Lateral interbody fusion)による脊柱変形の矯正は素晴らしく、瞬く間に広く普及しました。その際の後方手技はPPS(Percutaneous pedicle screw)が便利ですが、慣れの問題からLIFをしてから体位交換し、腹臥位で挿入する事が多いと思います。できればLIFを行った側臥位のままPPSを打ちたいと誰もが思い、トライしましたが難渋し、一工夫が必要でした。今回は折田純久先生と檜山明彦先生に側臥位PPSのコツと注意点について説明頂きます。安全な手技が重要ですが、MISTは常に進化しチャレンジが続きます。

アドバイザー：

佐藤 公治 先生

日本赤十字社愛知医療センター名古屋第二病院 院長 整形外科・脊椎脊髄外科
MIST学会 理事

MIST学会： <https://s-f-mist.com>

折田純久

Viper Prime™ を用いた Lateral Interbody Fusion と側臥位 PPS 固定のコンビネーション

—single-position OLIF の実際と工夫



はじめに

近年、脊椎外科手術手技は低侵襲の一途をたどっている。本邦では2012年以降、低侵襲腰椎前方手術としての腰椎側方固定手術（Lateral Interbody Fusion）が導入され、専用レトラクタを用いての低侵襲な前方アプローチによる効率的な前方固定手術が可能となった。LIF手術は大腰筋の前側方、もしくは大腰筋の筋束を鈍的に分けて椎間板にアプローチするかの違いはあるものの、専用レトラクタにより低侵襲で脊柱前方にアプローチしつつ椎体横径に相当する50mm程度の大型椎間ケージを側方から椎体間に挿入するという点では共通の概念による低侵襲前方固定術である^{1,2,3)}。これにより従来であれば比較的大きな視野を要していた前方支柱再建や椎間高の回復、それに伴う神経の間接除圧を低侵襲下で実現することが可能となり、それ以降は後方アプローチの椎体間固定術（PLIF, TLIF など）に加えて前方のLIF手術が術式選択の大きな選択肢となった¹⁾。

LIF手術は通常手技では側臥位（右側臥位）で行い、それに引き続く後方固定はLIFの閉創後に腹臥位に体位変換とし、直接的な神経除圧を行わない

場合は経皮的椎弓根スクリュー（PPS: Percutaneous Pedicle Screw）の挿入による後方固定を行うことが一般的な方法であった。また、Cortical Bone Trajectoryによる低侵襲固定手技なども報告されている⁴⁾が、これらの方法の場合、体位変換に伴う手術時間の延長や再消毒に伴う手順の煩雑化などが問題となる。

これに対し、LIF手術を実施した側臥位のままPPS刺入を行う手技に関する報告が散見される。ガイドワイヤーを使用しないPPS刺入の方法⁵⁾や、通常のPPS刺入手技を側臥位にて行う方法⁶⁾等がこれまで考案されているが、これらの方法ではスクリュー刺入の際に刺入点がずれてしまいスクリューが逸脱する、またガイドワイヤーを介した器械操作などが透視アームと干渉する、さらには不潔操作となってしまうなどの問題点があった。

これに対してスタイルット一体型のPPS刺入システムであるViper Prime™はこれらの問題点を克服する選択肢のひとつである。本冊子ではViper Prime™を用いた側臥位でのPPS刺入について解説する。

Viper Prime™ を用いた single position PPS 固定の実際

側臥位PPS固定について当施設での実施方法を以下に記載する。XLIF手術との併用についてはすでに報告されている⁷⁾が、本方法ではベッドのジャックナイフ手技を要しないこと、またベッドを傾けることで作業スペースを確保するなどの工夫がなされている。基本手技は指尖で横突起基部を触知し、この部分に透視下にスクリュー刺入点を設けてス

クリューを刺入するものであり、腹臥位によるPPS刺入の従来法と大きく変わるものではない。ただし側臥位での実施となるため腹臥位でのPPS固定に慣れている術者ではスクリュー挿入方向の空間的な認識と把握にラーニングカーブが存在するため、十分な注意が必要である。

以下、当施設においてViper Prime™を用いたsingle-position OLIFを実施する際の具体的な手技の実際と工夫について述べる。ここで例としてあげている症例は、この後に例として挙げられているL3-4-5OLIF+L3-5 PPSによるsingle-position OLIF

でありCアームを用いての実施例であるが、術中ナビゲーションを備えている施設ではナビゲーション下での実施も可能である

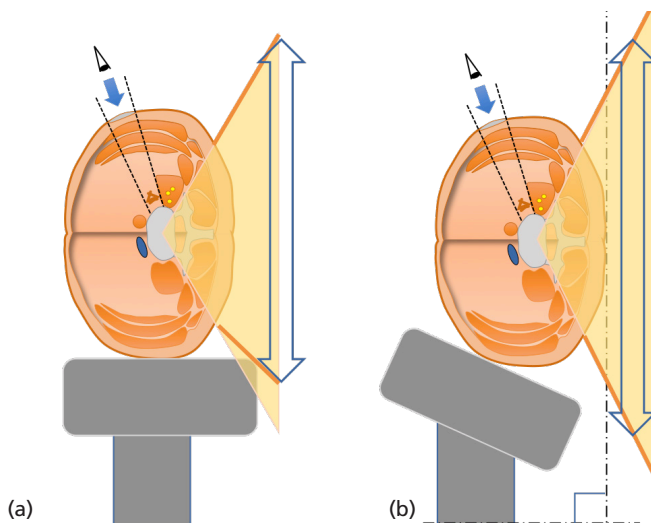
1) 術前セッティング

側臥位での後方PPSスクリー插入においては後方の作業スペースを確保し、ベッドと器械が干渉しないことを目的として以下の2点に注意して術前のセッティングを行っている(図1)。

- ・ 身体をできるだけ背側のベッド縁に寄せる
- ・ この状態で身体をやや前方に傾けるようにして体位を固定する。正・側2方向を透視下に調整するため、床面に対する体幹の相対的な位置関係は変わらない。

図1 術前セッティングの工夫と実際

(a) 手術台を水平にしたまま後方の側臥位PPS手技を行った場合、下側(右側)で手術器械と手術台が干渉しうる。(b)体幹を側臥位からやや前方に傾けた形で固定し、透視下で体幹の正面・側面を調整し相対的には通常の側臥位と遜色ない状態にした場合、後方の作業スペースが確保される。(c) ベッドが傾き、体幹横軸は通常のLIF手術の際と同様、相対的に鉛直方向に保たれている



2) ドレーピング

OLIFの皮切線と後方のPPS刺入皮切線を十分に露出する形でドレーピングを行う(図2)。

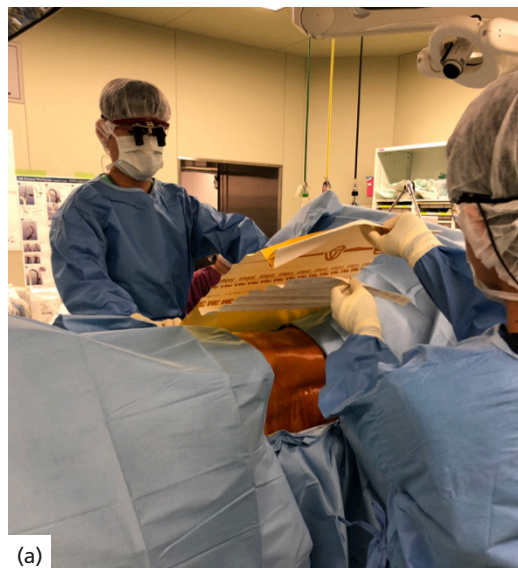


図2 ドレーピング

(a) LIFの皮切線と後方PPSの皮切線を囲む形でドレーピングを行い、(b) 各々がひとつの術野で確認できるようにする。

3) OLIF を標準手技にて実施

OLIFを標準手技にて実施、創内洗浄後の創々縫合のステップに入った段階で、第2術者による後方PPS刺入を行う（図3、4）。刺入点決定にあたっては横突起をあらかじめ指尖で触知した上で位置・深さを認識のうえ、Viper Prime™スクリュー先端から3mm突出させたスタイレットをこの部分に刺入することで刺入部がずれてしまうリスクを低減することが可能である。腹臥位の場合と比較してスクリュー刺入方向が空間的に認識しやすい（特に床側（患者の右側））

ため、初期の頃は内外側への誤刺入に注意する。一方、Cアーム操作が頻回となりがちであるため、術者一人でPPS刺入を行う場合は1椎体ずつスクリュー刺入を行う事でCアームの微調整の頻度を減らすようにしている。一方、2名で刺入を行う際はそれぞれが頭側、尾側に立って刺入するか、患者の背腹側に各々の術者が立ち、スクリュー刺入を同時に行う事も可能である。

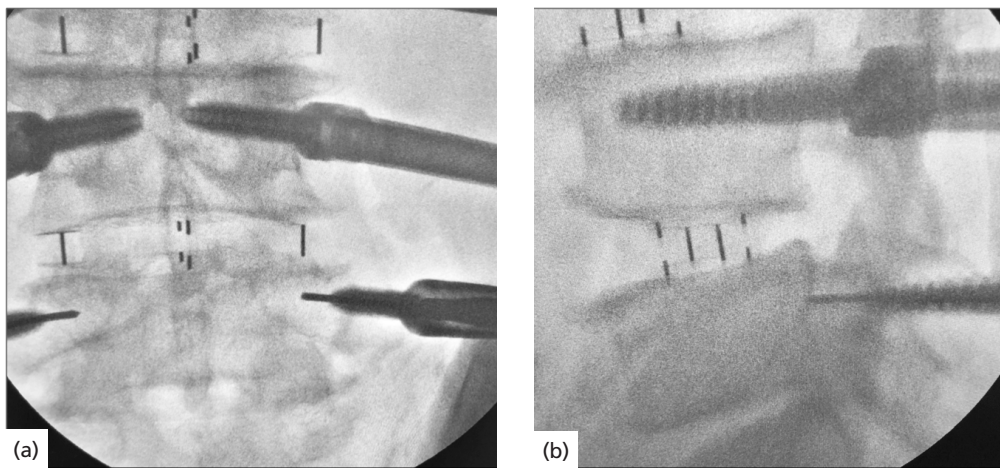


図3 透視下でのPPS刺入

(a) 正面像にて横突起の基部にViper Prime™先端をあて、術前のCT画像なども参考にしながら角度を決定、椎弓根影の中心付近までスタイレット先端をおく。(b) この状態で側面像を確認、スタイレット先端が椎体後壁に達している状態であれば椎弓根の内側穿破の可能性のない安全な軌道と判断し、スクリューを刺入している。

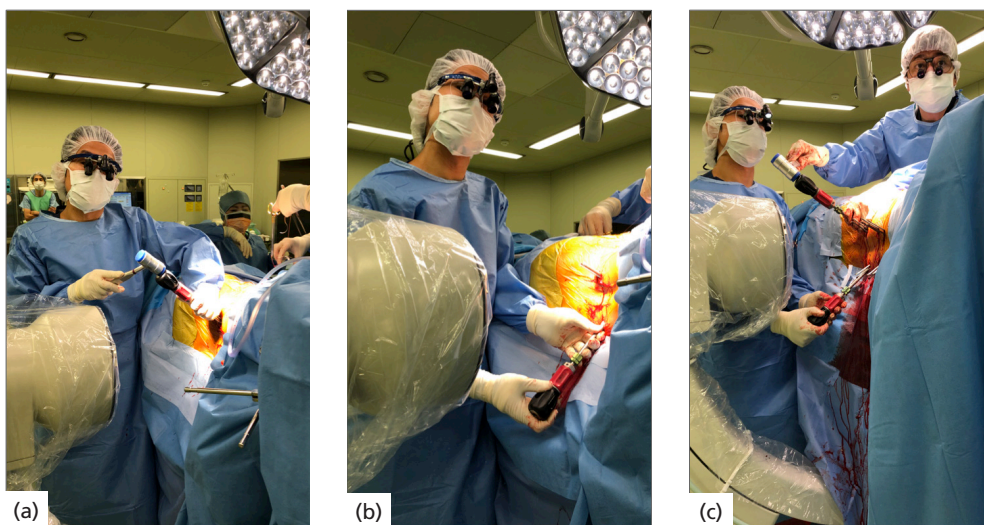


図4 スクリュー刺入の術中画像

(a) 天井側（患者の左側）スクリュー刺入にあたっては手元が打ち下ろす方向となり、(b) 床側（患者の右側）スクリュー刺入にあたっては手元を打ち上げる方向となる。これらは腹臥位でのスクリュー刺入にのみ慣れた術者にとっては刺入方向の認識を誤ることがあり、スクリュー軌道の保持の破綻にもつながるため十分に注意する。(c) 熟達した術者2名であれば頭尾側、もしくは腹・背側に立っての同時刺入も可能である。

症例 1

68 歳男性。腰部脊柱管狭窄症、腰椎すべり症
L3/4、L4/5 の 2 椎間 OLIF を実施

68歳男性。腰部脊柱管狭窄症、腰椎すべり症による数年前からの腰痛と1年前からの左大腿・下腿後面、足背部痛にて保存的に加療するも症状再燃、間歇跛行100mと短縮傾向であるため手術の方針となった（図 5）。手術は右側臥位にてL3/4、L4/5の2椎間OLIFを実施、前方手術終了後に

右側臥位のままViper Prime™を用いた後方からのPPS刺入を行った（図 6）。手術後腰痛および下肢痛、間歇跛行は消失し独歩にて自宅退院となった。

○
術
前
○

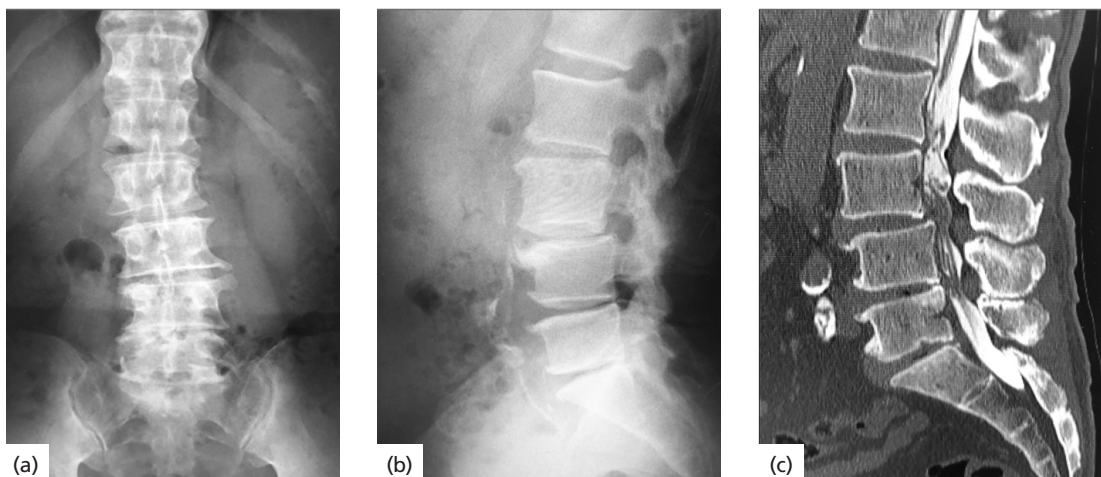


図5 症例1術前画像

(a) 正面像 (b) 側面像 (c) CTミエログラフィではL3/4、L4/5の高度狭窄を認める

○
術
後
○

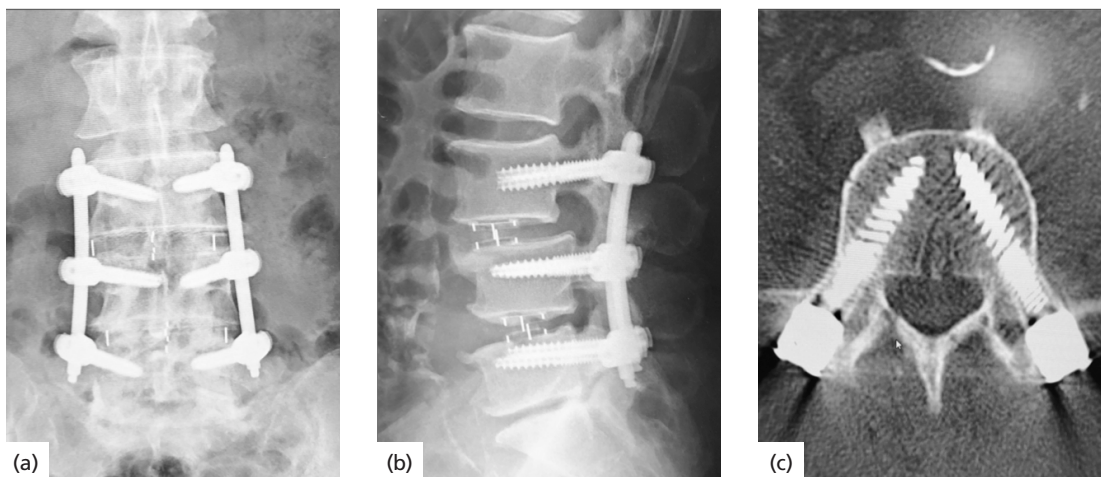


図6 症例1 術後画像

(a) 正面像 (b) 側面像 2椎間OLIF、側臥位PPSにて加療した。(c)術後CTでは横突起基部からのスクリー刺入が確認される

症例 2

58 歳男性。外傷後の L1 圧迫骨折に伴う慢性腰痛

Viper Prime™ を用いた後方 T11-L2-L3PPS 固定

58歳男性。外傷後のL1圧迫骨折に伴う慢性腰痛と立位時の亀背あり、腰背部痛が保存加療抵抗性でもあり手術の方針となった(図7)。手術は右側臥位にてL1 椎体のcorpectomyと人工椎体(メッシュケージ)を刺入、そのまま側臥位にてViper Prime™を用いた後方T11-L2-L3PPS固定を行った(図8)。

胸椎に対する刺入においては肋横突起の頭側からやや尾側に向かう、Groove-entry techniqueに準じて刺入を行っている⁸⁾。術後神経症状の出現や疼痛再現なく、術後リハビリ実施のうえ退院となった。

○
術
前
○

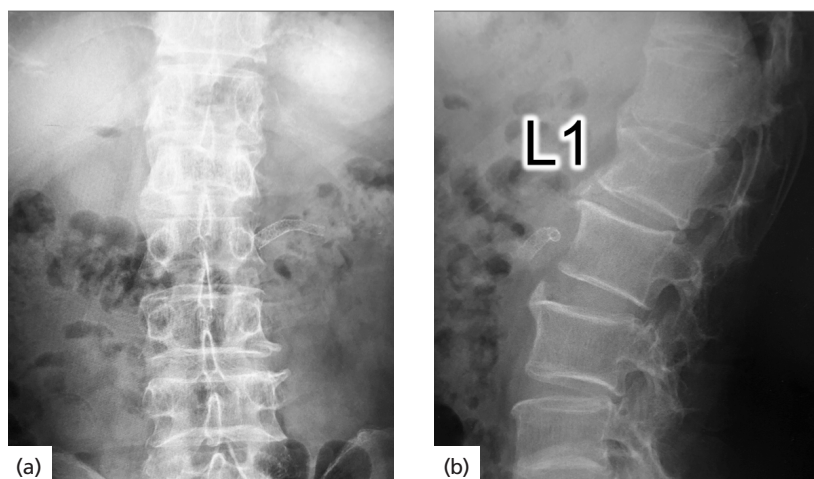


図7 症例2術前画像

(a) 正面像 (b) 側面像 外傷後のL1圧迫骨折、立位時の亀背による慢性腰背部痛がみられた

○
術
後
○

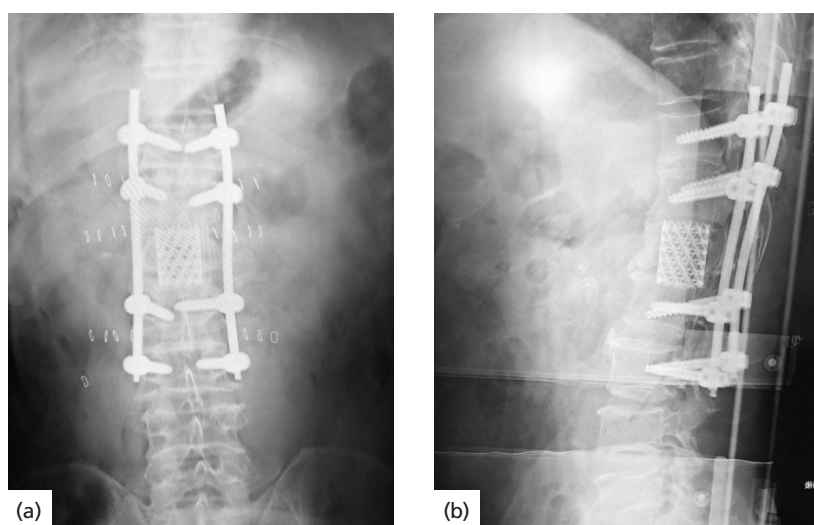


図8 症例2 術後画像

(a) 正面像 (b) 側面像 L1 corpectomy、側臥位PPSにて加療した。胸椎スクリューはGroove-entry techniqueに準じて刺入を行い、やや尾側に向けてのスクリュー刺入とし、スクリュー長を確保した。

最後に

スタイレットと椎弓根スクリュー一体型のPPSシステムであるViper Prime™の導入によって、側臥位でのPPS刺入の安全性と簡便性が両立され、かつ清潔性が維持しやすい側臥位PPS手技となった。本手技を行う上では横突起の基部を確実に触知したうえで刺入方向を透視下に調整していくことでより確実な挿入が可能になると考える。ナビゲーションのない施設でも透視装置のみで実施が可能という点では非常に有用であり、手術時間の短縮によるさらなる低侵襲性、さらには体位変換を必要としないことで関連するマンパワーを含む医療資源の節約が期待される。

REFERENCE

- 1) Mobbs RJ, Phan K, Malham G, Seex K, Rao PJ. Lumbar interbody fusion: techniques, indications and comparison of interbody fusion options including PLIF, TLIF, MI-TLIF, OLIF/ATP, LLIF and ALIF. J Spine Surg 2015;1:2-18.
- 2) Orita S, Inage K, Furuya T, Koda M, Aoki Y, Kubota G, Nakamura J, Shiga Y, Matsuura Y, Maki S, Suzuki M, Hynes R, Eguchi Y, Ohtori S. Oblique Lateral Interbody Fusion (OLIF): Indications and techniques. Oper Tech Orthop. 2017;27:223-30.
- 3) 折田純久, 大島精司. 脊椎前方固定 基本が"トコトン"わかる手術テクニック LIF② 前側方OLIF. 整形外科Surgical Technique 2018;8:58-65.
- 4) Orita S, Inage K, Kubota G, Sainoh T, Sato J, Fujimoto K, Shiga Y, Nakamura J, Matsuura Y, Eguchi Y, Aoki Y, Toyone T, Yamauchi K, Sakuma Y, Oikawa Y, Suzuki T, Takahashi K, Hynes RA, Ohtori S. One-Year Prospective Evaluation of the Technique of Percutaneous Cortical Bone Trajectory Spondylodesis in Comparison with Percutaneous Pedicle Screw Fixation: A Preliminary Report with Technical Note. J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg 2016;77:531-7.
- 5) Sellin JN, Mayer RR, Hoffman M, Ropper AE. Simultaneous lateral interbody fusion and pedicle screws (SLIPS) with CT-guided navigation. Clin Neurol Neurosurg 2018;175:91-7.
- 6) Blizzard DJ, Thomas JA. MIS Single-position Lateral and Oblique Lateral Lumbar Interbody Fusion and Bilateral Pedicle Screw Fixation: Feasibility and Perioperative Results. Spine (Phila Pa 1976) 2018;43:440-6.
- 7) Hiyama A, Sakai D, Sato M, Watanabe M. The analysis of percutaneous pedicle screw technique with guide wire-less in lateral decubitus position following extreme lateral interbody fusion. J Orthop Surg Res 2019;14:304.
- 8) Ishii K, Shiono Y, Funao H, Singh K, Matsumoto M. A Novel Groove-Entry Technique for Inserting Thoracic Percutaneous Pedicle Screws. Clin Spine Surg 2017;30:57-64.

最小侵襲脊椎手術における Viper Prime™ の有用性



はじめに

近年では、低侵襲腰椎側方椎体間固定術である Lateral Lumbar Interbody Fusion (LLIF) を用い狭小化した椎間高を侵襲少なく回復することができるようになり、その有用性が報告されています^{1,2)}。骨癒合やケージの沈下を考慮した場合、stand-alone LLIF より後方固定を追加することが推奨されますが、その際に使用するのは経皮的椎弓根スクリュー (Percutaneous pedicle screw: PPS) です。そのため LLIF と PPS を組み合わせて行う前後合併手術は、腰椎の強固な固定と間接除圧を低侵襲で行うことが出来るため今後の脊椎外

科医にとっては習得すべき手術手技であると考えます。しかし、前後合併手術では術中に体位変換を要することから手術時間が長くなることや医療材料コストがかかることなどの問題点があります。そのような背景から、側臥位のまま手術を完結する single-position PPS (SP-PPS) 法が注目されています^{3,4)}。本稿では、ガイドワイヤーレスである Viper Prime™ を用いた側臥位手術について自験例を踏まえ解説いたします。

X線透視下（C-arm）を用いた側臥位手技（eXtreme Lateral Interbody Fusion:XLIF+SP-PPS 手技の場合）

全身麻酔後に患者を側臥位にし、XLIF アプローチを行いやすくするため必要に応じて側腹部の下に枕を挿入しています。その際には枕が PPS の挿入に邪魔にならないように気をつけます。テープの位置は骨盤と胸部の2箇所に設置し（図1）、本手技ではXLIFとPPSを挿入する際に透視装置（C-arm）と神経モニターシステムのみを使用します。通常通り専用の開窓器を設置しXLIFを行った後は、側臥位のままPPSを挿入します（SP-PPS法）。腹臥位でのPPS手技と同様に椎体回旋に注意しながら正確な透視正面像を得ることが重要です。

2018年に発売されたPPSシステムであるViper Prime™は、スクリューとスタイレットが一体化していることが大きな特徴です。ガイドワイヤーレスであるためガイドワイヤー関連合併症を引き起こすリスクは低いです。側臥位でのPPS挿入では一般的にdown-side PPSの挿入に（図2）ややローニングカーブが存在します。これまでベッドとdown-side PPSとの干渉が危惧されるため手術開始前にベッドと体位が重要であることが報告されています⁵⁾。しかしながら、筆者はdown-side PPSの挿入にあたっては、ベッド台をできるだけ高い位置まで上げ、術者の肩関節から胸元の位置になるようにだけ調整することを一番に考えています。この位置がスクリューを下方から上方に挿入する際にViper Prime™のインサーターをハンマーで叩きやすいためです。またこれまで患者をベッドの真ん中よりやや外側に設置する方がいいと言われますが、

患者背部と透視装置の間にワーキングスペースをより獲得するためベッド中央の方がアプローチしやすいと思っています（図3）。

また腹臥位PPSのモニターの見方と側臥位PPSでのモニターの見方（右下側臥位；モニターの3時方向を頭側にする）を変えると椎弓根へのターゲティングアプローチもころみやすくなります。PPS挿入後はロッド長の計測を行い、ロッドを挿入しますがセットスクリューを右手で扱うことが多いことやロッドホルダーを左で把持することに慣れているため、右下側臥位では尾側からロッドを挿入する方がやりやすいと思います。さらに側臥位ではパワーセットスクリューシステム※を用いるとセットスクリュー挿入にかかる手間が改善されます（図4）。

当科で腰部脊柱管狭窄症や腰椎すべり症の診断で1椎間のみのXLIFとSP-PPS法（間接除圧術）を行った症例の手術時間は、XLIF後から側臥位でのPPS手技が終了するまでが平均34分、XLIF挿入時間を含めると全手術時間は平均77分であり、体位変換後にPPSを挿入するdual position PPSと比較し約40分の手術時間が短縮されました（図5）。側臥位のままPPS挿入を行える利点としては、手術時間の短縮だけでなくLIFと同時にすべりの矯正を行ったり、椎間操作後にdistractionをかけケージ挿入を行うことも可能です（図6）。

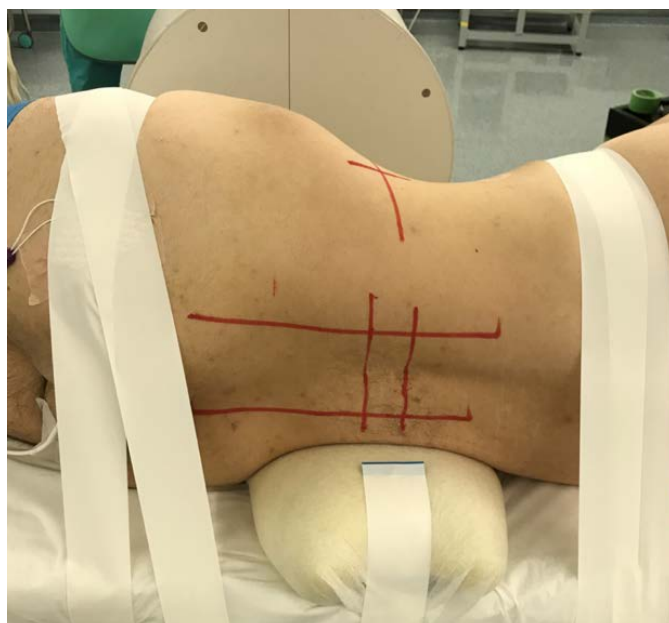


図1 側臥位PPSの体位

胸部と骨盤をテープで固定します。
固定椎間によっては枕を用いていません。

腰椎変性疾患に対する LIF の応用

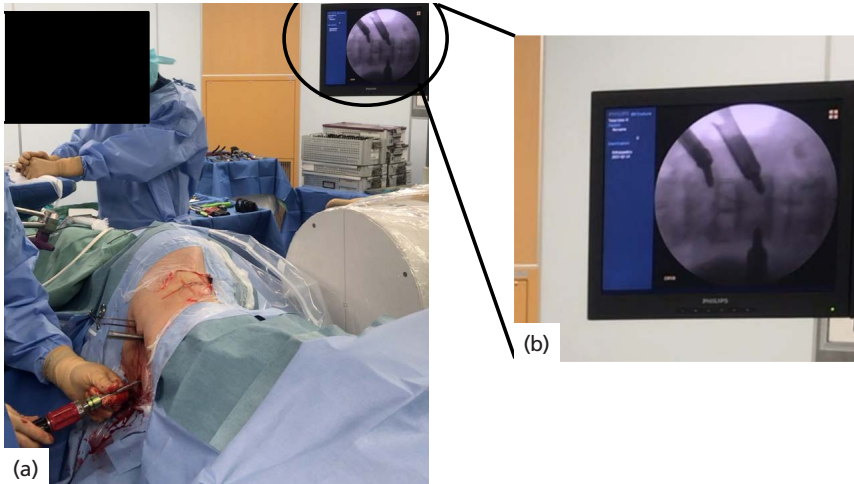


図2 側臥位PPS
(a) down-side PPSの挿入 (b) 側臥位PPSのモニター位置



図3 体の位置はベッドの中央とし、スクリー刺入部の枕もテープで固定します。

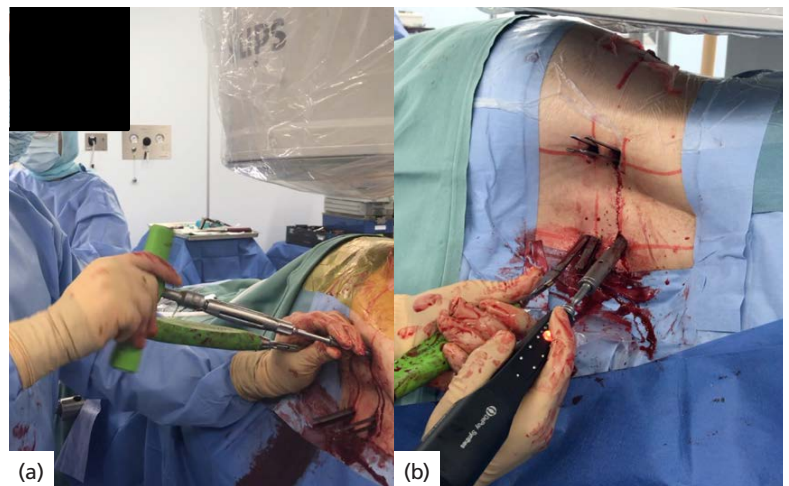


図4 側臥位でのロッド固定
(a) ロッドの挿入から固定まで (b) Viper Prime™パワーセットスクリューシステムを用いたセットスクリューの挿入

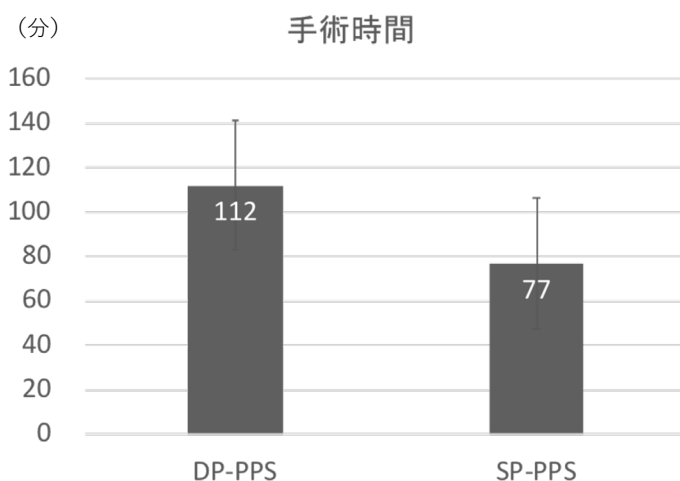


図5 Dual-position PPS (DP-PPS) とSingle-position PPS (SP-PPS) における手術時間の比較 (1椎間症例)



図6 XLIFと側臥位PPSの同時手技。椎間が狭い症例に対してディストラクションをかけることもできます。

脊椎手術用ナビゲーションシステム（メドトロニック）を使用した側臥位手技

2019年4月から当院でもO-arm2（Medtronic, Inc.）を導入しました。O-armをStealthStationナビゲーション（Medtronic, Inc.）と接続することでオートレジストレーションによるリアルタイムナビゲーションが可能になるとともに閉創前にインプラントの挿入位置を確認することができます（図7）。またこれら機器を用いることでイメージレスのPPS挿入が可能です。実際の手技では、アダプターとアレイ（SureTrak II）をViper Prime™のインサーターシャフトに取り付けます（図8）。術前の撮像計画（CT）に基づいてスクリューサイズを選択しナビゲーションインサーターに装着した後、キャリブレーションを行います。

スクリューの挿入にあたっては、スタイレットを5mmまで突出させハンマーを用いてナビゲーション下のComputer-aided design（CAD）をみながら椎弓根ヘターゲッティングを行います。

またスクリューを前進させるときには、必ず赤色のインサーターハンドルを保持することを忘れてはなりません。もう一つの改善点としてStealth-Midas（Medtronic, Inc.）を用い椎弓根の入り口をドリリングすることです（図9）。Viper Prime™の利点の一つである1ステップ操作に対して1ステップ増え

てしまいますが、これを使用すればツールのCADモデルを作成し仮想先端を表示することでスクリュー長の決定にも役立ちます。刺入部の骨孔が作成できれば、そこをガイドとしてナビゲーション下にPPSを挿入することができます。この手技ではリアルタイムに椎体と椎弓根を評価できるため、太く長いPPSを選択することが可能であり骨粗鬆症患者に対しても有用であると考えます。ロッドの挿入では、イメージレスであるためロッドが短くならないように注意します。ロッド挿入後はレントゲン撮影を行い問題なければ最終締結後に閉創し手術を終了します。

イメージレスの本手技は医療者の医療被曝を低減できる一方で、高価な手術支援装置が必要であり、残念ながら全ての医療施設でできる手術手技ではありません。またリファレンスフレームがしっかり固定されていれば大幅にナビゲーションの精度が低くなることはありませんが、術中にランドマークを目視せずにスクリューを挿入することから注意が必要です。そのため筆者はPPS挿入後にはレントゲンもしくはC-armで確認するようにしています。

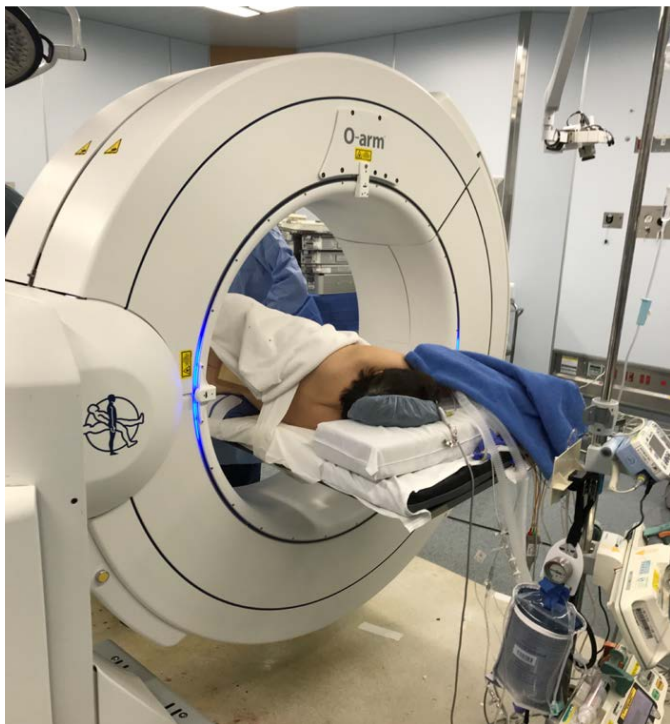


図7 手術支援装置O-arm2の使用

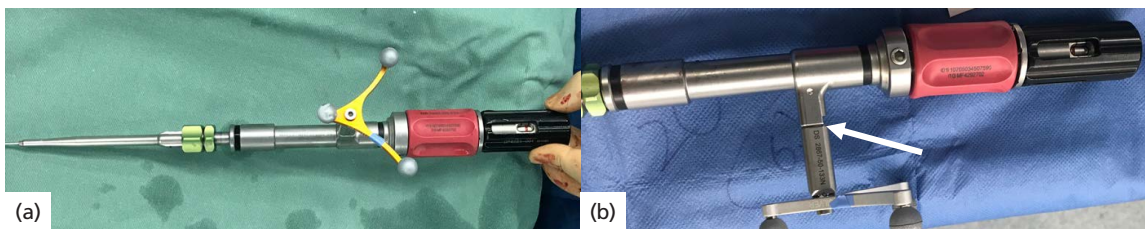


図8 SureTrackとViper Prime™のインサーター（白矢印：ここをしっかりと合わせることが大事）

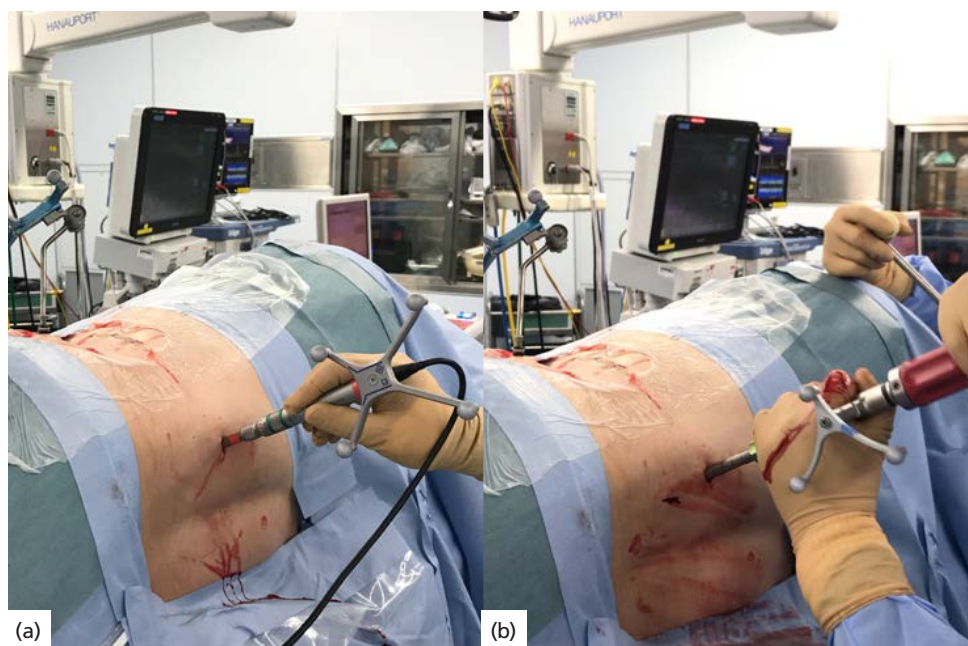
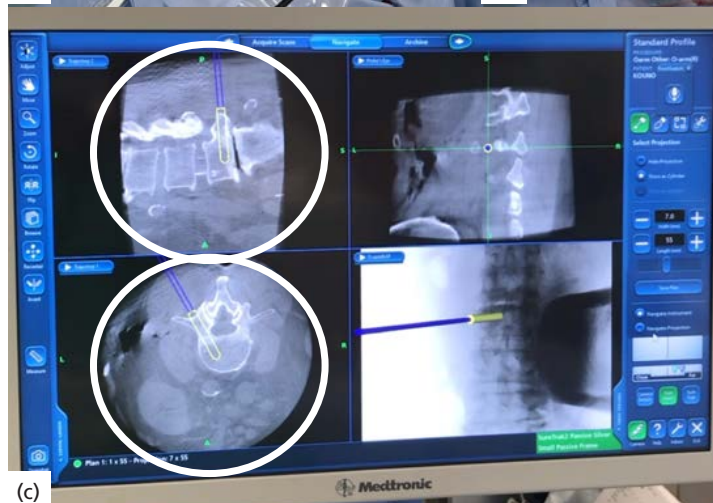
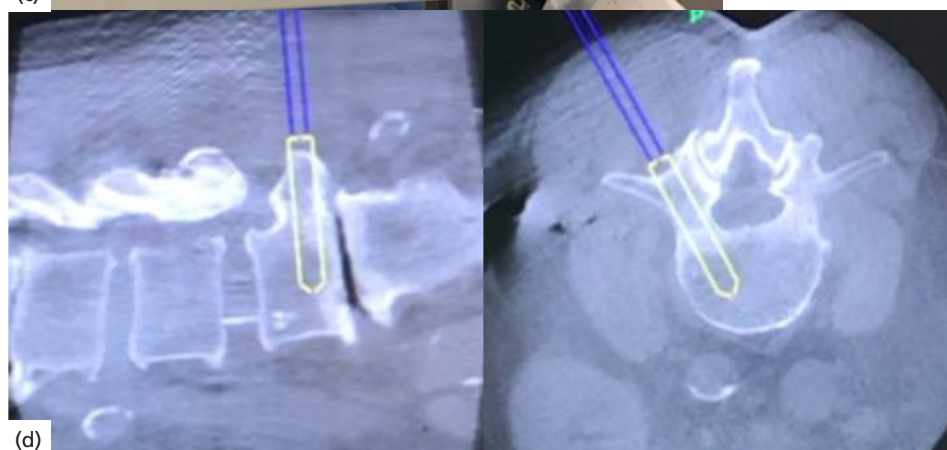


図9



ナビゲーション下のComputer-aided design (CAD) をみながら
椎弓根へのターゲッティングからスクリュー挿入まで

- (a) Stealth-Midasを用い椎弓根の入り口をドリリング
- (b) SureTrak IIを用いたスクリューの挿入
- (c) ナビゲーションモニター下のスクリュー仮想線
- (d) (c) の拡大像；矢状像と横断像（黄色はスクリュー仮想線）



症例 1

49 歳、男性、腰椎すべり症（図 10）

LLIF と SP-PPS（Viper Prime™、 DePuy Synthes）にて L4/5 固定

49歳、男性、腰椎すべり症（図10）

L4/5レベルでの不安定性を伴う脊柱管狭窄による跛行を主訴にLLIFとSP-PPS（Viper Prime™、 DePuy Synthes）にてL4/5固定を行いました。手術時間は64分（XLIF31分、SP-

PPS33分）、術中出血量は25mlでした。後方からの除圧を行わず術後症状の改善が得られ入院9日目に自宅退院となりました。術後2週のMRIでは術前と比較し硬膜嚢の圧迫は改善しています（図11）。

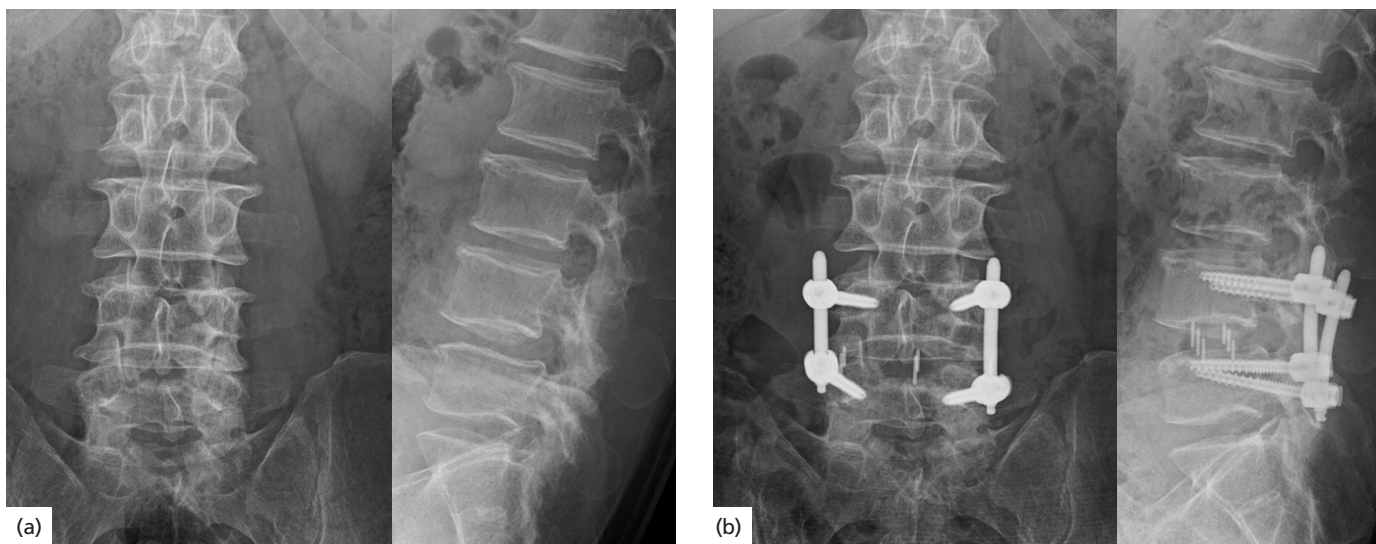


図10 症例 XLIF+SP-PPS（Viper Prime™）による間接的除圧術（L4/5;1椎間）

（a）術前単純X線像（b）術後単純X線像

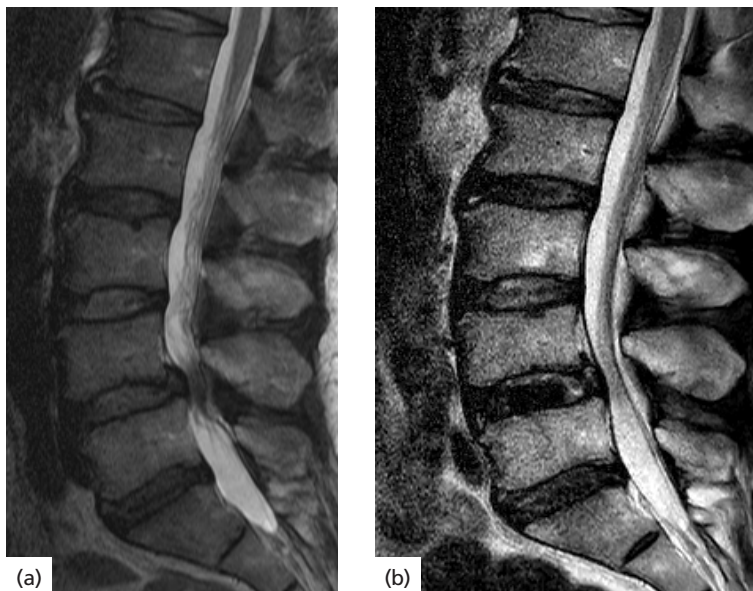


図11 図9と同一症例

（a）術前MRIT2矢状断像と比較し
（b）術後MRIT2矢状断像で硬膜嚢の
圧排は改善している

最後に

現在（2019年5月）までに本邦に導入されているO-armはO-arm1が32台、O-arm2が34台の計66台です。2018年12月に報告された医療施設調査・病院報告（2017年分）をみると一般病院（整形外科）数は4924病院であることから、単純計算した場合の整形外科病院のO-armの導入率は1.3%と見積もられます。またO-armナビゲーションの導入には、コストだけでなく広い手術室が必要であることが条件になります。このような背景から、広く汎用的に用いられる手術手技を考えた場合には、ガイドワイヤーレス

な側臥位のPPS手技が、現状ではより一般的に広まる手技ではないかと考えます。

まだまだ検討課題はありますが、LLIF後のガイドワイヤーレスのSP-PPS手術はO-armや脊椎手術用ナビゲーションなど特殊な機器を用いることなく、透視装置のある施設ならば汎用的に行えることから腹臥位でのPPS手技に習熟した術者であれば手術時間の短縮や出血量の低減が期待され、有用な術式であると思われます。

REFERENCE

- 1) Elowitz EH1, Yanni DS, Chwajol M et al:Evaluation of indirect decompression of the lumbar spinal canal following minimally invasive lateral transpsoas interbody fusion: radiographic and outcome analysis. Minim Invasive Neurosurg 54:201-206,2011
- 2) Kepler CK, Sharma AK, Huang RC et al:Indirect foraminal decompression after lateral transpsoas interbody fusion. J Neurosurg Spine 16:329-33,2012
- 3) Hiyama A, Sakai D, Sato M, Watanabe M. (2019) The analysis of percutaneous pedicle screw technique with guide wire-less in lateral decubitus position following extreme lateral interbody fusion.J Orthop Surg Res. 14(1):304.
- 4) 檜山明彦, 渡辺雅彦. (2019) ヒト脱炭骨基質を用いた低侵襲側方進入椎体間固定手技と新世代経皮的椎弓根スクリューを用いた側臥位手術の有用性.臨床雑誌整形外科.70(8):873-877.
- 5) 側臥位による経皮的椎弓根スクリュー挿入の経験—前後合併手術のために—. Spine Res 8:39-43,2017



MIST学会：<https://s-f-mist.com>