

# MISS VOiCE

Minimally Invasive Spine Surgery

創刊号

Voice of Customer Elevating Best Practices Pioneering What matters

## MIS<sup>t</sup>導入編

### MIS-TLIFに必要な機能解剖

齋藤 貴徳 先生

### MIS<sup>t</sup>に必要な器械

有菌 剛 先生

### MIS<sup>t</sup>に必要な手術台、手術支援機器（イメージなど）、体位、配置

石井 賢 先生

### MIS<sup>t</sup>における皮膚切開、脊椎へのアプローチについて

星野 雅洋 先生

## MISS VOICE 創刊号「MISt 導入編」 巻頭言

佐藤 公治先生

Minimally invasive spine stabilization（以下 MISt）は、脊柱の安定化を低侵襲で行う手技の総称です。「Stabilization」は固定のみならず制動も含み、良いアライメントを目指しています。この手技は患者には優しい半面、術者には高い技術が要求されます

「MISS VOICE」は、MISt手技のtips、pitfallやトラブルシューティングをわかりやすく記事とする目的で発刊することになりました。

創刊号ではMISt導入編としてMIStに必要な解剖知識、手術準備、アプローチなどについてMIStのパイオニアの先生方に執筆をお願いしました。

MISt学会：<https://s-f-mist.com>

## MIS-TLIFに必要な機能解剖

齋藤 貴徳先生

MIS-TLIFは従来法に比し皮切が小さく筋の展開も少ないため直視下に確認できる範囲が狭く、一層正確な解剖学的知識が必要です。ここではMIS-TLIFに必要な解剖学的知識について手術する上での要点を解説します。

### 1. 骨

皮切部位を決定する際にはまずイメージ下に前後面で棘突起、椎弓根、横突起を確認しマジックで皮膚上にマーキングを行います。多少の個体差はありますが椎弓根は通常棘突起の頭側縁上にあり、横突起は椎弓根の真横にあります。レベル確認も同時に行いますが、この時前後面と共に必ず側面像を確認し椎体の傾きも確認しておく必要があります。

椎体の傾きは腰椎前弯度により異なりますが、ホルのフレームを用いる場合、通常はL3あるいはL4椎体が垂直となることが多くなります。横突起は通常第3腰椎で最大長となることが多くレベル確認の参考になります。椎弓根の傾きはL1からL5にかけて横断面での傾きが強くなるため、pedicle screw 刺入時に外側に傾ける角度に注意が必要です。通常openでのスクリュー刺入点は副突起付近とすることがほとんどですが、MIS-TLIFでのpedicle screw 刺入は横突起中央で椎間関節の立ち上がり点となりopen時より外側からの刺入となるため、さらに約10度外側に傾けて刺入する必要があります。このためL4では約30度外側からの刺入となります。MIS用開創器を用いてMIS-TLIFを施行する場合、椎間板にアクセスする際に片側のtotal facetectomyを施行しますが、この部位を骨切除する時は、まず最初に鑿を入れる頭部の切除ラインの決定に迷うことがあります。もし横突起の基部が展開

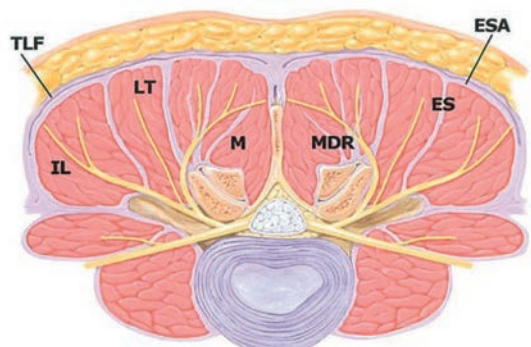
されている場合には横突起の下縁から約5mmの部位を目安にしますが、椎間関節の外側が展開されていない場合には椎弓の上縁から約15mm尾側の部位が椎間板を展開するのに必要な頭側の骨切除縁となります。

### 2. 筋

背筋は内側から多裂筋、最長筋、腸肋筋からなり、この内多裂筋のみ髄節性の神経支配を受けています。MIS-TLIFでの椎間板へのアクセス法にはtubular retractorを使用した筋肉内でのアプローチ法と、いわゆるWiltsのアプローチでの筋間からのアプローチ法があります。MISでの手術目的の一つがこの筋への侵襲低下にあるので、いかに筋を損傷せずに手術が完了可能かを考える事が重要です。両者には一長一短がありますが、totalでの侵襲量はtubular retractorが有利です。前者にはtube内に入り込む筋を切除する時の抵抗感が強くありますが、筋の圧排による術後のMRIでのT2輝度変化はほとんど認められません。一方、後者では両側の筋膜を温存してこの間から侵入すると、横突起基部の展開をするための筋の圧排による軽度のT2輝度変化を認めるのみで、逆に直接的な筋損傷は生じません。しかし、横突起基部の骨組織展開時に神経根に伴走した動・静脈を損傷すると、出血が生じこれを止血する操作で神経根を焼灼したり損傷する可能性が考えられます。神経根の後枝内側枝は通常一つ頭側の神経根から分岐し横突起の頭側を通過し椎間関節の外側から多裂筋を支配しています。よって通常の展開時には多裂筋の外側から神経が支配しているため多裂筋そのものが後枝・内側枝を保護することになり横突起全景を露出するように電気メスを使用しても問題は生じないと思われます。一方、筋間からアプローチした場合には、この筋間に多裂筋を支配する後枝・内側枝が走行しているため、横突起基部の頭側縁付近で電気メスやバイポーラーを使用すると後枝・



内側枝を損傷する危険があると考えられます。筋間から **pedicle screw** を挿入する場合には可能な限り刺入ポイントを直接展開せず **finger navigation** 法で刺入することが望ましいと考えます。



M=多裂筋 ES=脊柱起立筋 LT=胸最長筋(腰部)  
IL=腰腸助筋(腰部) TLF=胸腰筋膜 ESA=脊柱起立筋腱膜  
MDR=後枝内側枝

### 3. 神 経

MIS-TLIFでの椎間板へのアクセスはその名の通り、硬膜や当該神経根 (**traversing nerve root**) よりも外側である椎間孔部、すなわち **pars inter-articularis** を切除して行います。この時手前に **exiting nerve root** (L4/5ではL4 root) が現れ、その内側に硬膜と **traversing nerve root** (L5) が見えます。この部位は出血しやすく止血操作が重要となります。この場合まずは **safety triangle** と呼ばれる部位からバイポーラーで止血します。この部位は **traversing nerve root** と **exiting nerve root**、**pedicle** 上縁に囲まれた **bermuda triangle** と呼ばれる三角形の部位で、**anomaly** が無い限り神経根は存在しない部位です。 **exiting nerve root** は腰椎のレベルにより走行が異なります。上位腰椎では下位腰椎に比べより縦方向に急峻に走行しており椎間板レベルでは思ったよりも内側を走行しています。下位腰椎ほど横方向に走行しており、意識的に展開し確認しなければ全く見ることなく手術を終了することもあります。特にすべり症の場合は前方に迂っている頭側の椎体 (L4/5ではL4) の上を走行しているため神経損傷を生じる可能性は低くなります。硬膜管の

除圧を片側侵入両側除圧術で行う場合には正中を捉えることが重要ですが、この場合頭側も尾側も棘突起基部の我々が“三角部屋”と呼んでいる部位が目やすとなります。これより対側方向では椎弓の内板が徐々に低くなっていくため硬膜管の正中、すなわち頂点を確認できます。

以上、MIS-TLIFに必要な解剖学的知識について解説しました。MIS-TLIFは刺入点を展開せずに **pedicle screw** を刺入したり、従来よりも小さな視野で除圧や椎間板の郭清を行うため、従来の手術以上に解剖学的に正確な知識が必要です。しかし、決して特殊な技術ではなく **open** での手術が十分にできるだけの技術があれば、手術見学やカダバーセミナーで経験を積むことにより誰にでも行いうる手術である事を強調したいと思います。

## MISに必要なる器械

有菌 剛先生

MISでは狭い術野で操作を行うため、道具の工夫が極めて重要になってきます。ここでは片側の椎間関節を切除して対側まで除圧し、その後に椎体間固定を行う際に我々が使用している器械について説明します。

### 1. 展 開

皮膚と筋膜を切開した後、椎間関節に達するまでは術前に予め決めておいた方向に向かって筋鉤を丁寧に使い、深く展開していきます。皮下脂肪や筋肉が厚い症例では僅かな方向の違いで簡単にレベル間違いが起こるので、ナビゲーションのない施設ではイメージで確認した椎間関節レベルに向けてスパイナル針をつけた注射器で予め進路にピオクタニン等の色素を注入しておくとう有用です。MIS用の開創器を



使用する際には準備されているダイレーターを順次挿入していく方法もありますが、どの開創器もセットしてみると最後に椎間関節と開創器との間に多量の筋肉が入り込んでいることがあり、筋鉤を用いて筋肉を丁寧に分けておいて開創器を設置する方が無難と思われます。開創器の設置が悪いと多量の筋肉を切除せざるを得ず、本当にMISと言えるのか疑問を抱かせる手術となってしまいます。各種の開創器にはそれぞれ特徴があります。設置時にレトラクターの長さが長すぎると背部の皮膚から開創器全体が突出するため、その後の操作に支障をきたします（図2）。特にノミを使用する際には開創器が突出しているとノミを把持する手をしっかりと背部につけにくくなり、操作が不安定になります。またレトラクターの長さが短すぎると開創器が浮き上がり、脊椎との間に間隙ができるためレトラクターの先端に筋肉が入りやすくなります。MED(Micro Endoscopic Discectomy:内視鏡下椎間板切除術)と同じように開創器の方向を少し変えるだけで操作できる術野の範囲を変えることができ、操作範囲が広がります。

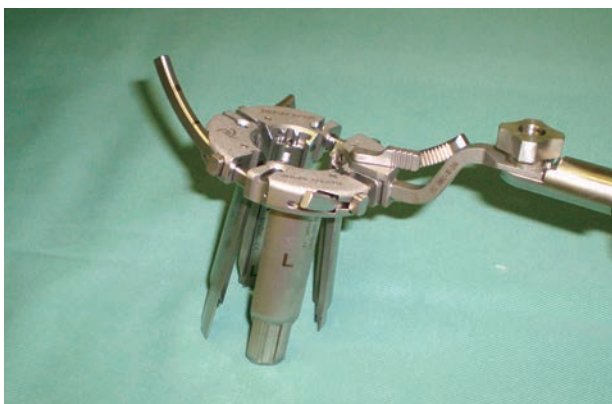


図1 パイプラインは設置後にブレードの長さを調整できるのが特徴です。

## 2. 除 圧

椎間関節を切除する際にはできるだけ骨を温存するようにノミを使用しますが、骨が硬く、ノミでの操作がしにくい時は3mmのスチールバーで予め削ってある程度薄くした後ノミを追加し、最後にノミを捻って骨折させて関節突起を摘出します。骨の温存という意味では細いバーが良いと思われませんが、薄くなった状態などが見にくいので3mmのバーを使っています。進入側の対側の除圧では開創器を倒して棘突起腹側の椎弓の骨皮質と海綿骨の間に細長いノミを入れて、内板を落とすようにして除圧します。狭窄が強い症例では対側の黄色靱帯を切除する際に曲がりの鋭匙を使用すると硬膜管を強く圧迫する可能性があるので5-0のストレートの鋭匙が便利です。レトラクターの光源は付属しているライトの明るさだけでは不十分で、明るい視野を得るためにも顕微鏡が必要と思われます。術野が狭いために手やノミ等の道具が術野に重なって見えにくいことがあります。顕微鏡の位置を少し変えるだけでかなりの視野が得られます。

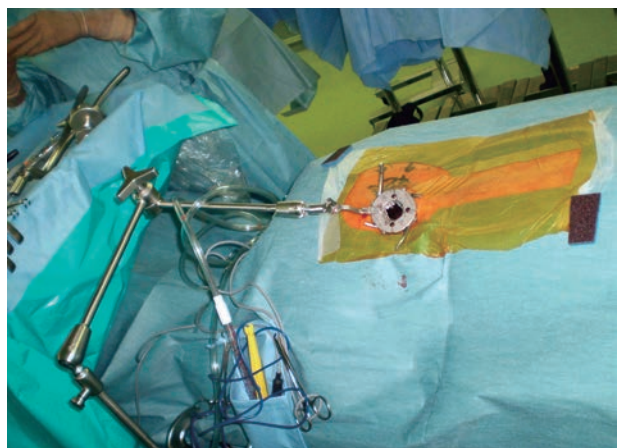


図2 開創器はできるだけ背部の皮膚から突出しないように設置します。

### 3. 椎体間固定

椎間板の搔爬では、手前に骨棘がある場合や極端に背側の椎間板腔が狭い時は細いノミで上下の終板を少し落とします。それでも小さなシェーバー等も入らない場合はストレートのスパテルを差し込んで方向とレベルを確認した後、次の操作に進みます。シェーバーなど回転させて椎間板を削る器械ではかなり強い力が加わるため、骨脆弱性がある症例では上下の椎体の弱い方だけがえぐれて移植骨やケージが迷入する原因となるので、メスや髓核鉗子等である程度椎間板を切除した後に表面を小コブで削って残遺髓核や線維輪を終板から剥離し、リングキュレット等で搔きだしています。コブはある程度一定の力で終板の凹凸に沿って搔爬できるので有用です。移植骨の打ち込みに際してサクションリトラクターは欠かすことができない器械の一つです。助手の手が操作の妨げにならないように柄の長いものが便利です。できるだけデリケートな操作が必要な方に柄の短いスパテル、その他の部位に柄の長いサクションリトラクターを用いて神経を避け、椎体間操作を行います。

## MIS<sup>®</sup>tに必要な手術台、手術支援機器(イメージなど)、体位、配置

石井 賢先生

### 1. 透視手術台とX線透視装置

MIS<sup>®</sup>t手技において透視手術台とX線透視装置は必要不可欠な医療機器です。不鮮明な術中透視画像は経皮的挿入椎弓根スクリュー(percutaneous pedicle screw: PPS)設置が困難で、スクリューの逸脱を招きかねないため、いずれも脊椎手術に相応しい高性能なものが推奨されます。手術台はJacksonテーブルやそれに類似したテーブルなど脊椎手術用の薄型テーブルの使用が理想ですが、透視

可能な手術台であれば問題なくMIS<sup>®</sup>tに使用できます。厚みのある手術台の場合はC-armを設置した際の十分なワーキングスペース確保が困難なため、ホールフレームを低く設置するかあるいは簡易型枕を用いて極力患者を手術台の低い位置に固定してワーキングスペースの確保に努めます。X線透視装置は特殊な機能は必要としませんが、一般に高性能ほど被曝量が少ないです。われわれの臨床研究の結果では一般的な透視装置にて1椎間MIS-TLIFの被曝時間は約20秒で被曝量は0.05mSv未満でした。その他の支援機器としてナビゲーションシステムや脊髄誘発電位(脊髄モニタリング)があります。ナビゲーションシステムでは透視画像のみならずナビゲーション画像を見ながらPPS設置と除圧範囲の確認が可能です。また脊髄モニタリングによるMEPとSEP波形を術中確認することは神経ダメージをリアルタイムにモニタリングする上で重要です。しかしながら、これらの支援機器は必ずしもMIS<sup>®</sup>t手技に不可欠でなく、一定の技量があれば十分に安全な手術が可能です。

### 2. 体位

1-2椎間のMIS-TLIF手技では固定当該椎間を可能な限り垂直に保つヘッドアップ体位が推奨されます(図1)。ヘッドアップ体位の利点は、椎間に並行にアプローチすることにより高位誤認を回避し、PPS設置時の透視



図1 ヘッドアップ体位

正面像の微調整が不要なためPPSの設置が容易となり無駄な放射線照射被曝を回避できます。ただし、腰椎前弯が強い症例ではヘッドアップ体位をとっても当該椎間が垂直にならず、かつ過度のヘッドアップが術野の出血を助長するため、適度な角度に留めます。一方、3-4椎間にわたるMIS-TLIFや胸腰椎にわたるロングMIStでは各椎体の刺入するPPSの角度も一定しないため、ヘッドアップにこだわる必要はありません。

### 3. 配 置 (ポジショニング)

一般に術者は患者の症状優位側に立ち、レトラク

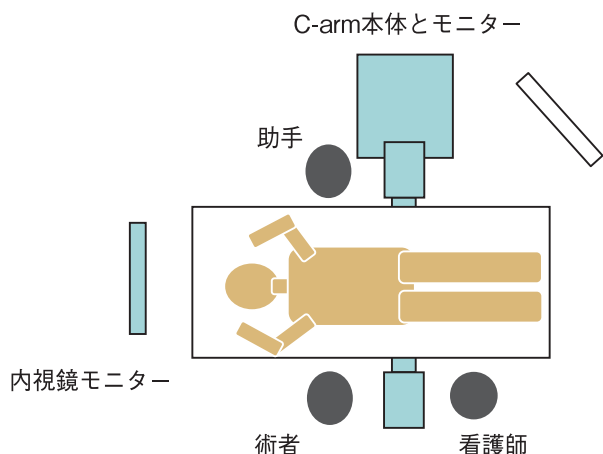


図2 術者は患者の症状側、助手とC-Arm本体は対側に位置します

ターを用いてアプローチします。MIStでは片側進入による両側除圧を行うことが多く、症状側から進入することで十分な除圧が達成できます（MISt導入時には正中切開による除圧でも構いません。この場合は手技のやり易い側に立ちます）。助手とX線透視装置本体の位置は術者の反対側となります。レトラクターに設置された内視鏡モニターは頭側に置くと術者と助手で画像を共有できるため便利です。透視モニターは患者の尾側に設置します（図2）。内視鏡の代わりにルーペやマイクロスコープ（手術用顕微鏡）を用いるケースもあります。内視鏡の利点は術者がルーペによる直視を併用でき、助手は主に内視鏡画像を見ながらの手術となり簡便です。マイクロスコープは術者と助手が同じ画像を共有しながらの手術が可能となり安全性は高いですが、顕微鏡への慣れを要し、多椎間で左右交互の除圧時は簡便さに欠けます。それぞれ一長一短あり、やり易い手法を用います。図2に示した配置では術者と助手とで左右のPPS設置を分配して施行することが可能です。

## MIStにおける皮膚切開、 脊椎へのアプローチについて

星野 雅洋先生

MIStでは通常の脊椎アプローチとは異なり常に正中に皮膚切開を置き、棘突起から傍脊柱筋を剥離するとは限りません。疾患、症例、手術目的、手術高位また術者それぞれの好みや考え方などにより皮膚切開や筋肉の展開が異なっているのが現状です。ここでは腰椎変性疾患に対する1椎間椎体間固定術（TLIF）について説明していきます。

### 1. 皮膚切開

正中切開によるものと傍正中両側皮膚切開の2つの方法が主流と思われます。両側切開では非除圧側



のスクリュー刺入に際しスクリュー 1本に対し1小皮切とし合計3か所の切開を行う方法もあります。

## 2. 筋肉、脊椎へのアプローチ

### 1) 正中切開アプローチ

いわゆるmini-openTLIF（種市）に代表される方法では正中に5-6cmの皮膚切開を置きその切開部を正中より左右に牽引することで多裂筋の剥離や脊柱管内操作、椎体固定を行います。この際両側侵入両側除圧を選択するか、片側侵入両側除圧を選択するかは術者の好みや技量また症例によって決定されます。さらに外側の筋膜を切開しいわゆる**Wiltse**アプローチにて椎間関節外側と横突起基部を直視し、同部より椎弓根スクリュー刺入とロッドの設置が行われます。本法では通常は直視下での手術のため経皮的椎弓根スクリューシステムを使用する必要はありませんが正中の切開をより小さくし除圧と椎体間固定のみを正中から行い、スクリューシステムの設置を新たな傍正中切開で行うこともあるようです（3小切開）。

### 2) 傍正中両側切開アプローチ

この方法も術者の好みや考え方により幾つかの方法が述べられています。ここでは我々が通常行っている方法について述べていきます。



図1 （左）術前体表に皮切の位置を透視下にマーキングする（L3/4固定例）。椎弓根や横突起の位置も確認しておくとうりである。（右）術後のイメージ

① 皮膚切開：正中線から5cm程度外側でC-armで確認した目的固定椎体の椎弓根間の高位に約3cmの縦皮膚切開を行います（図1）。

② 椎弓の展開：後方除圧のために椎弓を露出しレトラクターを設置します。レトラクター侵入側は下肢症状優位側とします。皮膚切開部よりやや正中（棘突起より1横指程度外側）の筋膜を2-3cm切開し多裂筋を直視します。通常多裂筋は棘突起より剥離せず多裂筋内をMIST用レトラクターに付属するdilatatorを用いて筋肉を椎弓より剥離し術野を展開します（図2）。展開範囲としては頭尾側では椎弓切除範囲を、正中側は対側除圧が可能な程度に棘突起を露出します。この際可能な限り多裂筋の棘突起付着部分を温存するよう心がけます（図3）。外側は椎間関節切除が可能となるよう椎間関節関節包すべてを露出します。この際も多裂筋停止部を温存するよう心がけます。展開した術野にMIST用レトラクターを設置し術野を確保します。このとき対側除圧に際しレトラクターを正中側に傾けても設置できるように多少の余裕をもった展開が必要です。

③ 椎弓根スクリュー刺入：椎弓根スクリューの刺入アプローチは皮膚切開直下の最長筋筋膜を切開し最長筋内から椎弓根スクリュー刺入点に到達します（除圧側では結果的に2か所の筋膜が切開されることとなります）。スクリュー刺入点は横突起基部と椎間関節外側壁が交わる部分となります。最長筋よりこの刺入点を通過し椎体内に刺入するため通常のopenでの手術に比べ矢状面に対し強い角度（30°程度）で刺入することとなります（図2）。このことはスクリューの引き抜けの予防になり、また椎弓根基部に近い場所からの刺入のため脊柱管内への誤刺入の危険性も低下すると考えています。C-armによる透視のみでスクリュー刺入点を確認してもよいのですが、最長筋内に自分の示指を挿入

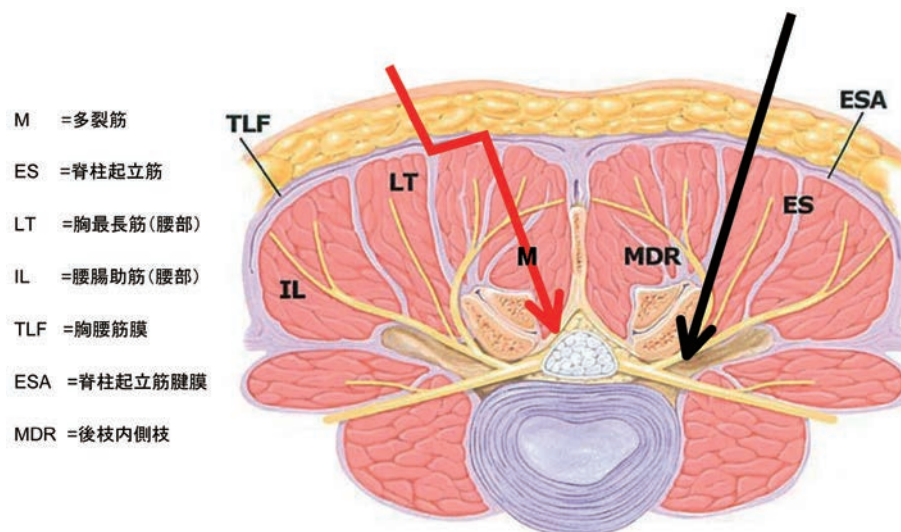


図2 椎体へのアプローチ。レトラクター挿入経路（赤矢印）と椎弓根スクリュー刺入経路（黒矢印）

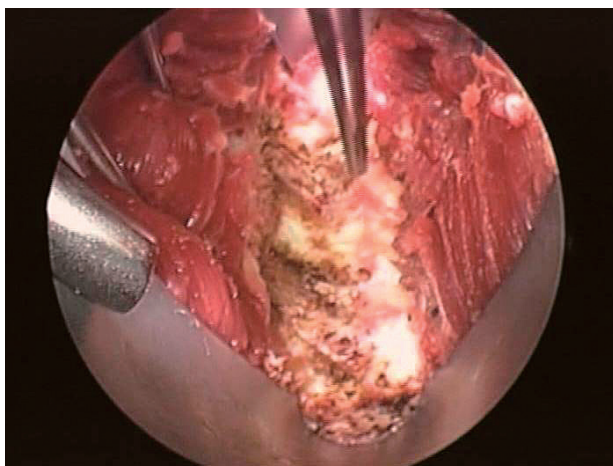


図3 多裂筋内のアプローチ（2椎間固定例）。左側の棘突起側にも筋組織が付着している。

し刺入点を触知して指に沿ってバックニードルを刺入します（フィンガーナビゲーションテクニック）（図4）。この方法でさらに安全性を高めると同時に術中透視使用時間の短縮につながると考えています。

低侵襲手術は患者にとって有益な方法と考えます。しかし低侵襲イコール小切開ではありません。何よりも安全かつ確実に手術を行うことが重要であり創の大きさにこだわらず必要があれば大きな切開や従来法へ躊躇せず変更することが肝要と考えます。

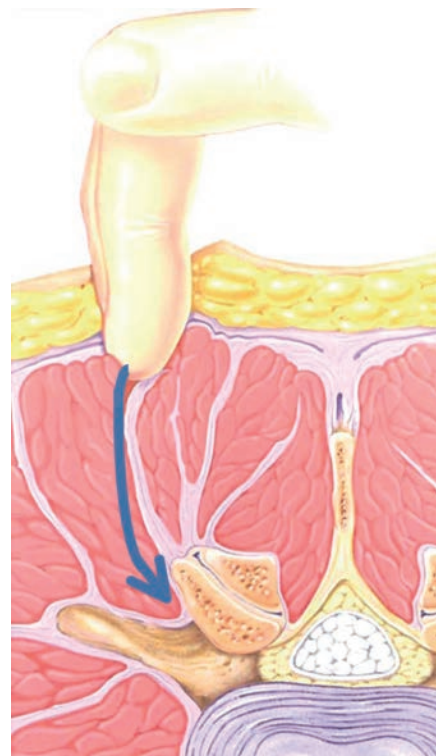


図4 フィンガーナビゲーションの活用



MIST学会：<https://s-f-mist.com>