

<特集「各科領域における低侵襲・機能温存手術の現状と今後の展望」>

腰部脊柱管狭窄症に対する低侵襲手術

原田 智久, 三上 靖夫, 久保 俊一

京都府立医科大学大学院医学研究科運動器機能再生外科学 (整形外科教室)*

Minimally invasive surgery for lumbar spinal canal stenosis

Tomohisa Harada, Yasuo Mikami and Toshikazu Kubo

*Department of Orthopaedics,**Kyoto Prefectural University of Medicine Graduate School of Medical Science*

抄 録

腰部脊柱管狭窄症に対する手術法は椎弓切除術に始まったが、広範な後方除圧は脊椎後方支持組織に侵襲を加えることから脊椎の不安定性を生じさせる可能性がある。最近では、後方支持組織を温存する目的で顕微鏡や内視鏡を用いた低侵襲手術法が開発され、その成績が数多く報告されるようになってきた。2003年当教室の八田は、後方支持組織に対する侵襲を最小限にするために、新しい手術手技—筋肉温存型腰椎椎弓間除圧術 (Muscle preserving interlaminar decompression: MILD)—を考案した。この術式は、顕微鏡下に正中棘突起間から進入し脊柱管を拡大して神経を除圧する術式であり、左右対称の良好な術野が得られるほか、棘突起のレバーアーム機能を温存し傍脊柱筋および椎間関節への侵襲を可能な限り抑えることができる。当教室では2003年にMILDを導入し、さらにMILDを内視鏡手術に応用した、内視鏡下筋肉温存型棘突起間正中進入椎弓間除圧術 (Microendoscopic muscle preserving midline interspinous interlaminar decompression: ME-MILD)を開発し、MILDと共に症例を重ねてきた。短期治療成績は良好で、腰部脊柱管狭窄症に対する新しい除圧術として注目を集めている。

キーワード：腰部脊柱管狭窄症，低侵襲手術，除圧術。

Abstract

Conventional laminectomy for lumbar spinal canal stenosis (LSCS) has been uniformly performed extensively. However, this extensive procedure has been invasive to the posterior spinal structures, often giving rise to postoperative problems. Recently, various microscopic or microendoscopic minimally invasive procedures for LSCS have been developed to lessen the damage to posterior structures. To minimize the damage of posterior elements, Hatta devised a new microscopic decompression procedure (Muscle preserving interlaminar decompression: MILD) in 2003. The advantages of this midline approach technique included bilateral symmetric surgical exposure, less invasion to the paravertebral muscles, and the preservation of the facet joints and spinous processes as lever arms. We innovated MILD for LSCS, and developed MILD as the new microendoscopic decompression surgery via interspinous midline approach for LSCS (Microendoscopic muscle preserving midline interspinous interlaminar decompression: ME-MILD).

We have reported the good short-term clinical results of MILD and ME-MILD. In this article, we mentioned the outline of these procedures.

Key Words: Lumbar spinal canal stenosis, Minimally invasive surgery, Decompression.

はじめに

腰部脊柱管狭窄症の病態は、脊柱管中心あるいは lateral recess の骨性狭小、黄色靭帯や椎間関節の肥厚、椎間板の膨隆など、脊柱変性にに基づく馬尾および神経根の慢性的圧迫・絞扼である。保存療法に抵抗性の場合には手術療法が選択されるが、当初施行されていた広範椎弓切除術¹⁾は脊椎後方支持組織に侵襲を加えることから、後療法の遅延や脊椎不安定性の出現などの問題が生じる可能性があった。そこで後方支持組織を温存する目的で椎弓切除術に様々な改良が加えられ、トランペット型椎弓切除術²⁾や拡大開窓術³⁾などが考案された。さらに最近では、顕微鏡下あるいは内視鏡下に手術を行う片側進入両側除圧術⁴⁾⁵⁾、棘突起縦割式椎弓切除術⁶⁾⁷⁾などの低侵襲手術の術式や成績が数多く報告されるようになってきた。2003年当教室の八田は、後方支持組織に対する侵襲を最小限にするために、Shiraishiの頸椎椎弓間除圧術⁸⁾にヒントを得て、腰椎棘突起を egg shell 状に削り正中で棘上・棘間靭帯を左右へ広げて顕微鏡下に神経の除圧を行う新しい手術手技—筋肉温存型腰椎椎弓間除圧術 (Muscle preserving interlaminar decompression: MILD)⁹⁾¹⁰⁾—を考案した。この術式は、正中棘突起間から進入し脊柱管を拡大して神経を除圧する術式であり、左右対称の良好な術野が得られるほか、棘突起のレバーアーム機能を温存し傍脊柱筋および椎間関節への侵襲を可能な限り抑えることができる。2003年以降、当教室では腰部脊柱管狭窄症に対してMILDを導入し施行してきた。さらにMILDを内視鏡手術に応用した、内視鏡下筋肉温存型棘突起間正中進入椎弓間除圧術 (Microendoscopic muscle preserving midline interspinous interlaminar decompression: ME-MILD)¹¹⁾を2004年から導入し、MILDと共に症例を重ねてきた。

本稿では、MILD および ME-MILD の概要や特徴について述べる。

筋肉温存型腰椎椎弓間除圧術 (MILD)

1. 手術手技⁹⁾¹⁰⁾

手術は顕微鏡下に行う。除圧椎間正中に約3cmの縦切開を加え、胸腰筋膜と棘上靭帯を尖刃で縦切する(図1a)。さらに尖刃あるいは電気メスを用いて棘突起から棘上・棘間靭帯を横切しないように注意しながら、上位棘突起尾側・下位棘突起頭側先端を露出させる。露出させる範囲は、それぞれの棘突起の形状と椎間板高位との位置関係によって適宜調節する。

先端が鈍のゲルピ型開窓器を用いて展開した後、エアドリルで露出させた棘突起を egg shell 状に掘削する(図1b, c)。頭側棘突起を削る際は顕微鏡を尾側に傾けて頭側に向かって削り、尾側棘突起を削る際は逆に顕微鏡を頭側に傾けて尾側に向かって削る。棘間靭帯は正中で分けることが難しいので、先に棘突起を削った後に棘突起の正中同士を結ぶ線で電気メスを用いて棘間靭帯を縦切する(図1d)。適宜開窓器を深くかけ直していくことで、徐々に広い視野を得ることができる(図1e, f)。

黄色靭帯を確認できるレベルまで展開したのち、頭側椎弓は黄色靭帯の付着部が露出するまでさらにドーム状に掘削し、尾側椎弓頭側はケリソロンジュールで切除する(図1g)。黄色靭帯を硬膜から剥離しながら、正中で尾側から頭側に向かってケリソロンジュールで縦割する。左右に顕微鏡を傾け、さらに側方に向かって黄色靭帯を硬膜から剥離し、エアドリル、ケリソロンジュールおよび極小のノミ等を用いて lateral recess の除圧を行う。全周性に骨性狭窄因子および黄色靭帯を切除することで除圧が完成する(図1h, i)。椎間板ヘルニアの処置も本術野において神経根をレトラクトすることで

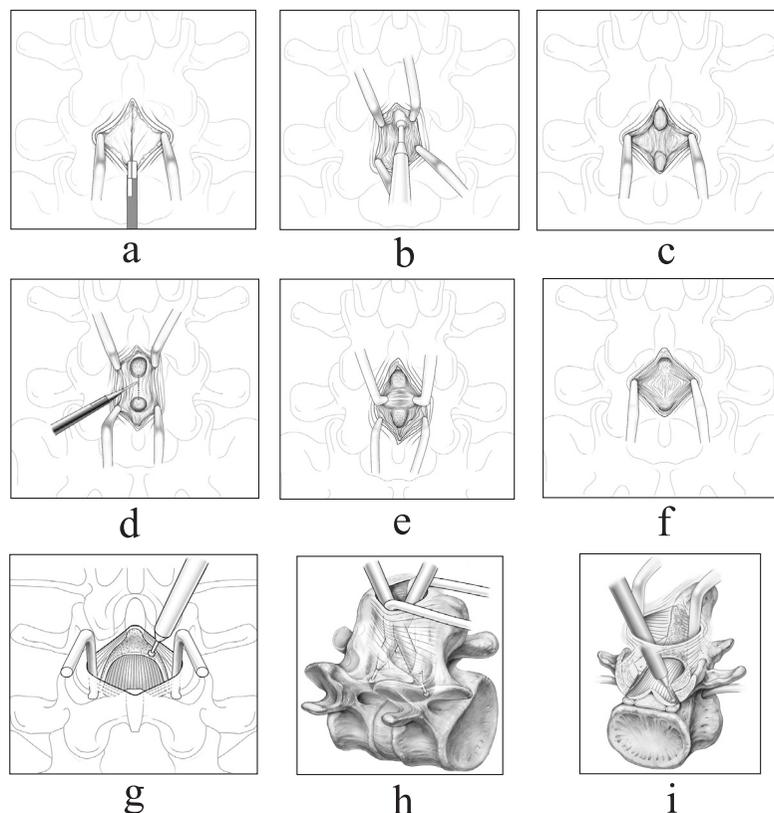


図1 筋肉温存型腰椎椎弓間除圧術 (MILD) の術式 (文献10より引用)
 a: 胸腰筋膜と棘上靭帯を尖刃で縦切する。
 b, c: エアドリルで露出させた棘突起を egg shell 状に掘削する。
 d: 棘間靭帯を縦切する。
 e, f: 開窓器を深くかけ直し、術野を広げていく。
 g: 頭側の椎弓を、黄色靭帯の附着部が露出するまでドーム状に掘削する。
 h, i: 顕微鏡を傾けながら lateral recess の除圧を行う。

可能である。ドレーンを留置したのち棘上・棘間靭帯を縫着し閉創する。

2. 後療法

外固定を行わず、翌日より離床を開始する。

3. 臨床成績

これまで180例以上の症例に本法を施行した。第81回日本整形外科学会学術総会でわれわれが報告した結果では、術後6ヵ月以上経過観察し得た141例の1椎間あたりの平均手術時間は108.7分、平均出血量は29.1gであった。日本整形外科学会腰椎疾患治療判定基準 (JOAスコア) は術前13.2点が術後23.2点 (改善率は63.2%) に改善していた。また、第42回日本リハビリテー

ション医学会学術総会で報告した結果では、初期にMILDを施行した21例の歩行開始までの平均日数は2.6日 (1～10日)、術後平均入院期間は18.5日 (11～34日) であった。合併症は、硬膜損傷が7例、有症状の硬膜外血腫が3例であった。硬膜損傷に対しては全例で創部を拡大することなく顕微鏡下に修復を行うことができた。硬膜外血腫に対しては、1例で血腫除去術を施行した。代表症例を図2に供覧する。

脊椎後方内視鏡システムの概要と特徴

われわれが使用している内視鏡システムは直

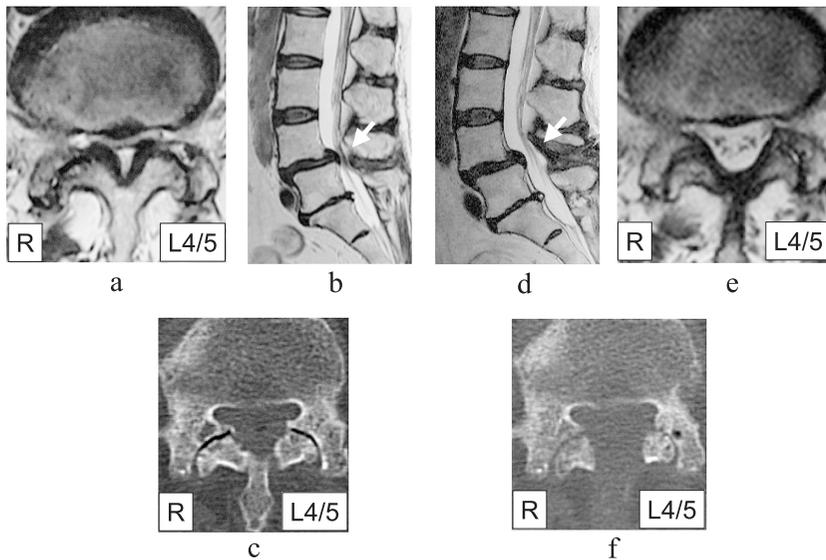


図2 54歳女性 主訴：間欠跛行
 a: 術前MR横断像 (T2WI) b: 術前MR矢状断像 (T2WI) c: 術前CT像
 d: 術後MR矢状断像 (T2WI) e: 術後MR横断像 (T2WI) f: 術後CT像
 L4/5に対しMILD施行した。椎間関節を温存しながら、十分な除圧が得られている。術前JOAスコア8点が、術後29点(改善率100%)に改善した。

径4 mm, 焦点深度5~50 mm, 視野角90°, 斜視角25°の斜視鏡である。光源とともに内径16 mmの円筒形のチューブラーレトラクター内に設置する(図3)。術者はモニターに映し出された術野を見ながら、レトラクター内で専用の手術器具を使って手術を行う。手術器具は、狭い内筒の中でも視野を遮ることなく操作しやすいように通常の器具に比べて細くて長い。

内視鏡を設置したチューブラーレトラクターは手術ベッドに取り付けた支柱に固定されるが、任意の方向に傾けることができる。

脊椎内視鏡の最も大きな特徴は、斜視鏡であることで、顕微鏡との大きな違いである。顕微鏡は明るく良好な視野が得られるが、術野の真上からみた視野であるのに対し、内視鏡では、対象に接した位置から、広い視野を得ることが出来る(図4)。脊柱管内に深く挿入すれば、顕微鏡の視野では捉えられない神経の腹側や脊柱管の外側などを視野に入れることができる。さらに、チューブラーレトラクター内で内視鏡の設置位置を変えたり、チューブラーレトラクターを

傾けたりすることで、さらに広い範囲を視野に入れることができる。

なお、皮膚切開は16 mmのチューブラーレトラクターを挿入できれば十分であり、従来法のように傍脊柱筋を椎弓から剥離する操作は行わず、筋間を鈍的に分けて深部へアプローチするので、皮膚や筋肉に対する侵襲は小さい。

腰部脊柱管狭窄症に対する 内視鏡下除圧術

腰部脊柱管狭窄症に対する内視鏡下椎弓切除術の術式として、片側の椎弓間から進入して進入側および反対側の除圧操作を行う片側進入両側椎弓切除術が行われている(図5)。全身麻酔下に正中から約15 mm外側に約20 mmの皮膚切開を加え、専用の器械で多裂筋を鈍的に進入してチューブラーレトラクターを設置して内視鏡下に除圧を行う。脊柱管狭窄の原因である変形した両側椎間関節の内側部分と肥厚した黄色靭帯を切除することで除圧を完成させる。本法については、すでに良好な短期成績が数多く報

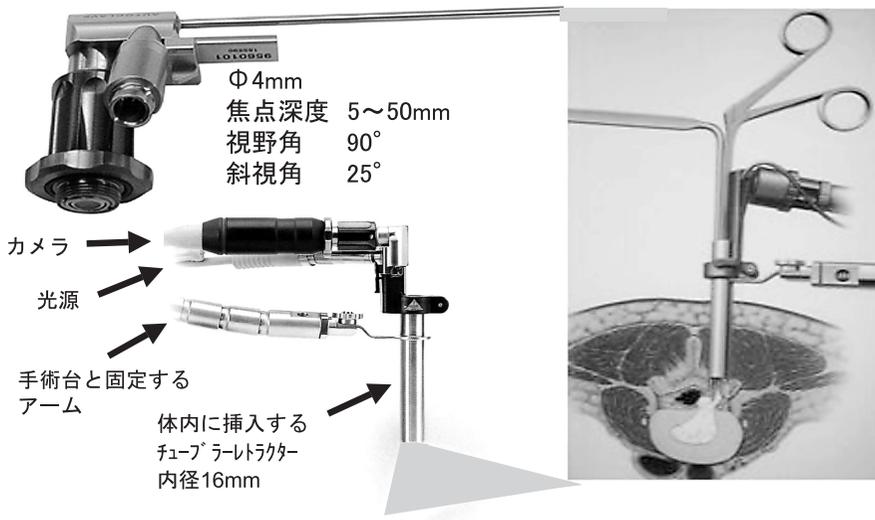


図3 内視鏡システム
 左上：カメラ
 左下：カメラ，光源を外筒（チューブラーレトラクター）に接続したところ
 右：体内にシステムを挿入したところ

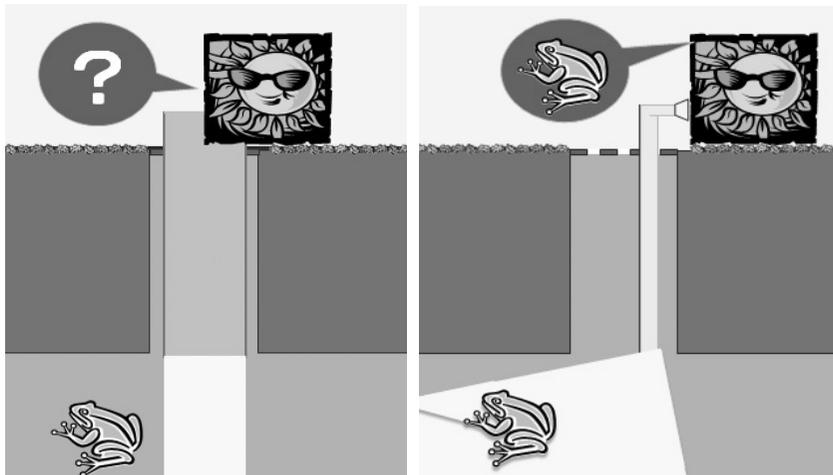


図4 顕微鏡と内視鏡の視野の違い
 左：顕微鏡の視野
 右：内視鏡（斜視鏡）の視野

告されている¹²⁾¹³⁾。

当科の内視鏡下除圧術への取り組み

当科では，2002年に腰部脊柱管狭窄症に対し内視鏡下片側進入両側除圧術を導入した。ワー

キングスペースは直径16mmで非常に狭く，モニターで見る画像は遠近感をつかむことが困難な2次元画像であった。そのため，手術操作は難しく技術の習得は容易ではなかった。また，脊柱管狭窄症では，骨の変形や肥厚を認めるこ

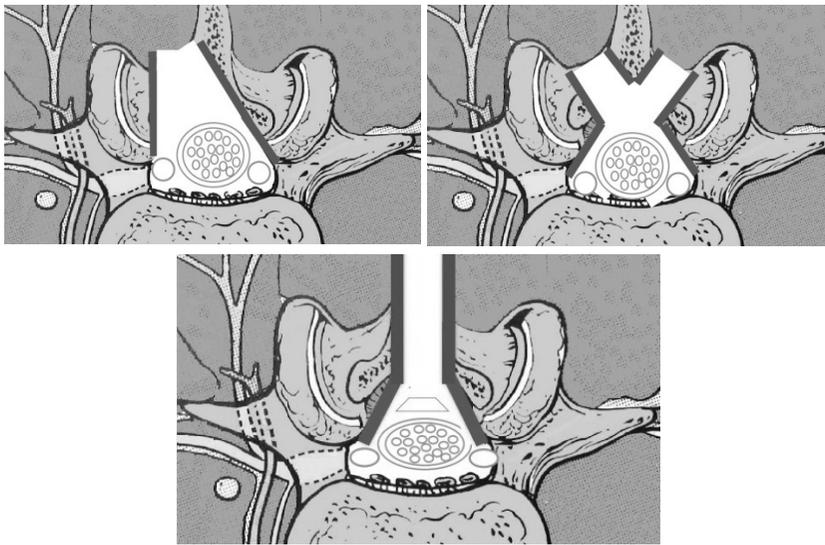


図5 内視鏡下除圧術の術式
 左上：片側進入両側除圧術
 右上：両側進入対側除圧術
 下：内視鏡下筋肉温存型棘突起間正中進入椎弓間除圧術（ME-MILD）

とがほとんどで、脊柱管の斜め後方から内視鏡を挿入して狭い術野を観察すると、術野のオリエンテーションがつきにくいことがあった。手術に難渋しても、術後は創痛が従来法に比べて軽いことから早期離床が可能で短期臨床成績は良好であった。しかし、椎弓の幅が狭い症例や上位腰椎で、進入側の除圧の際に椎間関節を温存できなかった症例を経験した¹⁴⁾。

一方、対側の除圧は椎間関節を十分に温存して行えることから、脊柱管の両側から別々に進入してそれぞれの対側の除圧を行う両側進入対側除圧術を考案した¹⁵⁾¹⁶⁾ (図5)。本術式は、両側の椎間関節を十分温存することが可能であり、短期成績は良好であった。しかし、オリエンテーションがつきにくく、手術操作が難しい問題点は解決できなかった。両側の傍脊柱筋を展開することも欠点であり、術式の改良が必要であった。

そこで、腰部脊柱管狭窄症に対する顕微鏡下除圧術として考案したMILDを内視鏡下手術に応用し、ME-MILDとして2004年から導入している¹¹⁾。

内視鏡下筋肉温存型棘突起間正中進入椎弓間除圧術（ME-MILD）¹¹⁾¹⁷⁾¹⁸⁾ (図5)

1. 手術手技

除圧椎間の正中に約2 cmの縦切開を加え、正中線上で胸腰筋膜と棘上靭帯を線維方向に縦切した後、上位棘突起の尾側1/3～1/2をハイスピードドリルで骨膜を残しegg shell状に掘削する。棘突起基部へ掘削を進めるにしたがって適宜開創器を深くかけ直し、棘上・棘間靭帯を骨膜と連続性を保たせたまま正中で切開して両側に分けてスペースを作ると、徐々に広い視野を得ることができる。棘突起基部から椎弓、椎間関節内側部に掘削を進めると、正中線上で尾側から黄色靭帯が露出し、オリエンテーションがさらに明らかとなる。続いて術野の正中にチューブラーレトラクターを設置し、内視鏡下に上位・下位の椎弓、上関節突起内側部分を黄色靭帯と共に切除し除圧操作を行う。ここで、内視鏡システムを傾けることや、その設置位置を工夫することにより、斜視鏡で得られる視野は広がり、先端部分が湾曲した鉗子を用いて操作

を行うことで、椎間関節を温存し、深部を広くトランペット型に除圧することができる。椎弓根内壁や椎間板を術野に入れ、神経根の除圧操作や椎間板ヘルニアの摘出も可能である。本法では術野に傍脊柱筋は現れない。

2. 後療法

術翌日から外固定なしで歩行を許可し、創治癒を待って退院を許可する。

3. 臨床成績

これまで150例以上の症例に本法を施行し、1椎間あたりの平均手術時間は108.3分、平均出血量は50.4gであった。術後6ヵ月以上経過観察し得た108例のJOAスコアは術前平均14.6点が術後25.0点(改善率72.7%)に改善していた。合併症は、硬膜損傷が10例、有症状の硬膜外血腫が3例であり、硬膜損傷に対しては全例で内視鏡下に修復を行った。代表症例を図6に供覧する。

MILD および ME-MILD の特徴

本法の利点は、①脊柱管の真上からアプロー

チするため、左右対称でオリエンテーションが良好な視野を確保できること、②術野に筋組織が全く現れず、筋組織への侵襲が小さいこと、③両側の椎間関節を温存しながら神経根の除圧や椎間板の処理を容易に行えること、④棘突起を椎弓から切離さないため、棘突起のレバーアーム機能を温存できること、などである。吉本ら¹⁹⁾は、ME-MILDと内視鏡下片側進入両側除圧術の臨床成績を比較し、本法が片側進入両側除圧術よりも手術時間が短く、出血量が少なく、手術翌日の創痛VAS (visual analogue scale) が小さかったと報告している。片側進入法では進入側の椎間関節の温存が困難であった椎弓の幅の狭い症例や上位腰椎でも、本法では両側の椎間関節を温存して除圧できる。また、脊柱管の真上に設置することから左右対称の視野が得られ、オリエンテーションが従来法に比べて良好であるため、手術時間が短く、出血量も少なくなったと思われる。正中棘突起間から進入する本法は、これまでの低侵襲手術の問題点を解決した有用な低侵襲術式と考える。

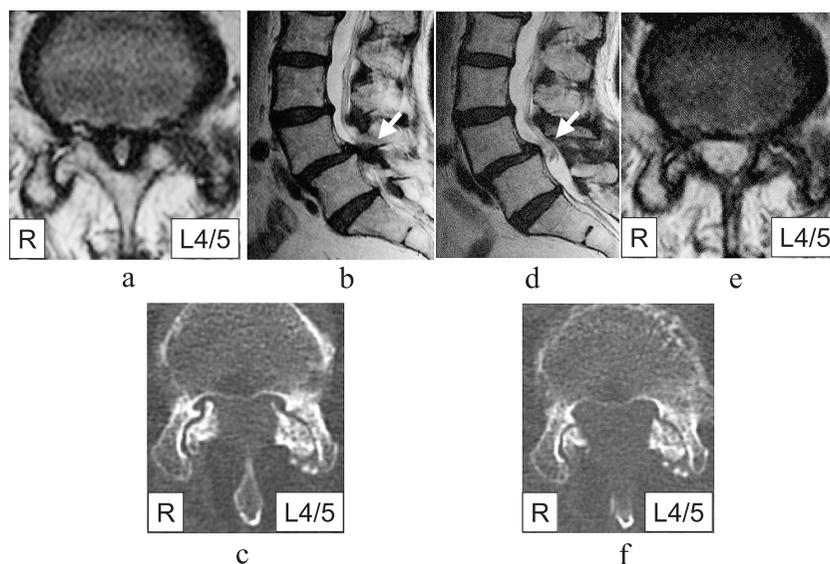


図6 75歳女性 主訴：間欠跛行
 a: 術前 MR 横断像 (T2WI) b: 術前 MR 矢状断像 (T2WI) c: 術前 CT 像
 d: 術後 MR 矢状断像 (T2WI) e: 術後 MR 横断像 (T2WI) f: 術後 CT 像
 L4/5 に対し ME-MILD 施行した。椎間関節を温存しながら、十分な除圧が得られている。術前 JOA スコア 10 点が、術後 24 点 (改善率 73.7%) に改善した。

両術式の手術手技や臨床成績について、これまで論文や学会で数多く報告してきた。手術見学者も全国から数多く受け入れており、多数の施設に普及しつつある。

両術式ともに同等の神経除圧効果が得られ、後療法や臨床成績にはほとんど差がない。手術操作は顕微鏡と内視鏡との間に大きな違いがある。顕微鏡下手術は立体視が可能である。またチュプラーレトラクターを用いないため、操作性が比較的良好で直視下手術に近い感覚で手術を行うことができる。一方、内視鏡下手術はモニターを見ながらの手術であり、hand eye coordinationの確立が必要とされ、また立体視もできない。さらにチュプラーレトラクターを用いるため操作性は悪くなるが、斜視鏡を活かすことで広い視野を得ることができ、対象に近

接した視点で操作を行うことができるという利点がある。

腰部脊柱管狭窄症に対するMILDとME-MILDの適応は同様であり、発育性狭窄以外の狭窄であれば、狭窄の程度や除圧椎間数に関わらず両術式を施行している。現在、どちらの術式を選択するかは術者に委ねられている。長期成績はまだ出ておらず、今後も適宜調査を行うとともに両術式とも改良を重ねて、腰部脊柱管狭窄症に対する確固たる低侵襲手術として確立させたいと考えている。

1) Verbiest H, Holland U. A radicular syndrome from development narrowing of the lumbar vertebral canal. *J Bone Joint Surg* 1954; 36: 230-237.

2) 金森昌彦, 松井寿夫, 平野典和, 寺畑信男, 川口善

文 献

- 治, 北本亮一, 加藤義治, 辻 陽雄. 変性腰部脊柱管狭窄症に対するトランベット型椎弓切除術の意義と臨床評価. *整形外科* 1993; 44: 43-48.
- 3) 中井 修, 古屋光太郎, 上小鶴正弘, 金田 昭, 林春樹, 山浦伊姿吉, 佐藤浩一, 佐藤良治, 山内研介, 四宮謙一, 伊志嶺恒彦, 塩野正喜, 谷川悦雄. 腰部脊柱管狭窄症に対する拡大開窓術の経験. *整・災外* 1983; 26: 781-789.
- 4) Young S, Veerapen R, O'Loire SA. Relief of lumbar canal stenosis using multilevel subarticular fenestrations as an alternative to wide laminectomy. *Neurosurg* 1988; 23: 628-633.
- 5) 吉田宗人. 内視鏡下手術の応用「腰部脊柱管狭窄症—治療と診断のニューコンセプト」. *整形外科* 2002; 53: 1096-1103.
- 6) Watanabe K, Hosoya T, Shiraishi T, Matsumoto M, Chiba K, Toyama Y. Lumbar spinous process-splitting laminectomy for lumbar canal stenosis. Technical note. *J Neurosurg* 2005; *Spine* 3: 405-408.
- 7) 小倉 卓, 長谷 齊, 池田 巧, 三上靖夫, 林田達郎, 長江将輝, 竹下博志, 久保俊一. 棘突起正中縦割進入法による腰椎椎弓切除術. 脊椎・脊髄神経手術手技 2004; 6(1): 124-127.
- 8) Shiraishi T. A new technique for exposure of the cervical spine laminae: technical note. *J Neurosurg* 2002; 96(Spine 1): 122-126.
- 9) 八田陽一郎, 阪本厚人, 原田智久, 長谷 齊, 三上靖夫, 成田 渉, 久保俊一. 腰部脊柱管狭窄症に対する新しい低侵襲除圧術—筋肉温存型腰椎椎弓間除圧術—. *Med Postgrad* 2004; 42: 425-431.
- 10) Hatta Y, Shiraishi T, Sakamoto A, Yato Y, Harada T, Mikami Y, Hase H, Kubo T. Muscle-preserving interlaminar decompression (MILD) for the lumbar spine: a minimally invasive new procedure for lumbar spinal canal stenosis. *Spine* in press.
- 11) 三上靖夫, 長谷 齊, 八田陽一郎, 大澤 透, 竹下博志, 柳澤和芳, 成田 渉, 久保俊一. 腰部脊柱管狭窄症に対する新しい内視鏡下除圧術—内視鏡下棘突起間進入椎弓間除圧術—. *Med Postgrad* 2005; 43: 78-83.
- 12) 吉田宗人, 麻植生和博, 角谷英樹, 河合将紀, 山田宏, 中川幸洋. 後方進入脊椎内視鏡下手術の適応と臨床成績 315 例の検討. *臨整外* 2004; 39: 563-569.
- 13) Ikuta K, Arima J, Tanaka T, Oga M, Nakano S, Sasaki K, Goshi K, Yo M, Fukagawa S. Short-term results of microendoscopic posterior decompression for lumbar spinal stenosis. Technical note. *J Neurosurg* 2005; *Spine* 2: 624-633.
- 14) 三上靖夫, 柳澤和芳, 長谷 齊, 八田陽一郎, 大久保直規, 大澤 透, 竹下博志, 久保俊一. 腰部脊柱管狭窄症に対する新しい低侵襲内視鏡下除圧術—病態に合わせて考案した3つの手術法—. *臨整外* 2006; 41: 489-497.
- 15) 三上靖夫, 長谷 齊, 八田陽一郎, 原田智久, 森

- 正樹, 長江将輝, 久保俊一. 腰部脊柱管狭窄症に対する内視鏡下対側進入除圧術. 脊椎脊髄神経手術手技 2005; 7: 58-62.
- 16) 三上靖夫, 柳澤和芳. MEDによる腰部脊柱管狭窄症の除圧術—特に対側除圧術について—. 整形外科最小侵襲術誌 2006; 41: 22-30.
- 17) 長江将輝, 三上靖夫, 久保俊一. 脊椎・脊髄外科手術における内視鏡手術. 京府医大誌 2007; 116: 675-684.
- 18) 三上靖夫, 長江将輝, 長谷 齊, 池田 巧, 外村 仁, 久保俊一. 腰部脊柱管狭窄症に対する正中アプローチ内視鏡下筋肉温存型棘突起間正中進入椎弓間除圧術. 整・災外 2008; 51: 35-41.
- 19) 吉本三徳, 佐々木浩一, 竹林庸雄, 金谷邦人, 井本憲志, 山下敏彦. 腰部脊柱管狭窄症に対する内視鏡および顕微鏡下除圧術の成績—3術式の比較検討—. 日脊会誌 2008; 19: 759-763.

著者プロフィール



原田 智久 Tomohisa Harada

所属・職：京都府立医科大学附属病院 整形外科・助教

略 歴：平成8年3月 京都府立医科大学医学部医学科 卒業

平成8年4月 京都府立医科大学附属病院 研修医

平成9年9月 近江八幡市民病院 勤務

平成11年10月 国立舞鶴病院 勤務

平成15年1月 京都府立医科大学附属病院 修練医

平成16年1月 久美浜病院 勤務

平成16年7月 松下記念病院 勤務

平成20年1月 京都府立医科大学附属病院 整形外科・助教

専門領域：脊椎・脊髄外科学

1. 原田智久, 長谷 齊, 小倉 卓, 三上靖夫, 久保俊一. 頸椎椎体内に発生した骨内神経鞘腫の1手術例. 中部整災誌 2004; 47(3): 593-594.
2. 原田智久, 三上靖夫, 長谷 齊, 小倉 卓, 久保俊一. 頸椎後弯変形矯正に関わる頸椎配列の検討. 中部整災誌 2004; 47(4): 677-678.
3. 八田陽一郎, 阪本厚人, 原田智久, 長谷 齊, 三上靖夫, 成田 渉, 久保俊一. 腰部脊柱管狭窄症に対する新しい低侵襲除圧術. Med Postgrad 2004; 42: 425-431.
4. 三上靖夫, 長谷 齊, 八田陽一郎, 原田智久, 森 正樹, 長江将輝, 久保俊一. 腰部脊柱管狭窄症に対する内視鏡下対側進入除圧術. 脊椎脊髄神経手術手技 2005; 7(1): 58-62.
5. Hatta Y, Shiraiishi T, Hase H, Yato Y, Ueda S, Mikami Y, Harada T, Ikeda T, Kubo T. Is posterior spinal cord shifting by extensive posterior decompression clinically significant for multi-segmental cervical spondylotic myelopathy? Spine 2005; 30(21): 2414-2419.
6. 三上靖夫, 長谷 齊, 八田陽一郎, 原田智久, 久保俊一. 馬尾症状を伴った腰部脊柱管狭窄症に対する内視鏡下除圧術の経験. 中部整災誌 2005; 48(2): 279-280.
7. 原田智久, 三上靖夫, 玉井和夫, 白石 建, 久保俊一. 頸椎動態MRIを用いた動的狭窄因子の検討. 中部整災誌 2005; 48(3): 479-480.
8. 原田智久, 阪本厚人, 杉谷和哉, 南村武彦, 遠山将吾, 玉井和夫. 頸椎動態MRIの有用性について. 松仁会医学誌 2006; 45(2): 136-139.
9. 原田智久, 八田陽一郎, 阪本厚人, 玉井和夫, 長谷 齊, 三上靖夫, 久保俊一. 筋肉温存型腰椎椎弓間除圧術(MILD)のlearning curveに関する検討. 脊椎脊髄神経手術手 2007; 9: 87-91.
10. 原田智久, 八田陽一郎, 阪本厚人, 玉井和夫, 長谷 齊, 三上靖夫, 久保俊一. 選択的頸椎椎弓形成術における術後MRIと治療成績の検討. 脊椎脊髄神経手術手技 2007; 9: 131-134.
11. Takatori R, Tokunaga D, Inoue N, Hase H, Harada T, Suzuki H, Ito H, Nishimura T, An HS, Kubo T. In vivo segmental motion of the cervical spine in rheumatoid arthritis patients with atlantoaxial subluxation. Clin Exp Rheumatol 2008; 26: 442-448.