

学位申請論文

腰椎後方展開による多裂筋排除圧と筋血流に関する 実験的研究

—正中単独アプローチと正中・傍脊柱筋間アプローチ併用の比較—

獨協医科大学 整形外科

加藤 仲幸

要 旨 正中アプローチと傍脊柱筋間 (Wiltse) アプローチを併用した低侵襲後方手術 (以下, W群) と従来の正中単独アプローチ (以下, M群) の多裂筋排除圧と筋血流量をWistar系ラットモデルにより評価した. M群 (12頭) では, L5-6棘突起上の正中切開によりL5-6横突起先端まで展開し, 圧センサー付レトラクターを用いて傍脊柱筋を2時間横突起先端まで圧排した. W群 (13頭) では同様の皮切から正中はL5/6椎間関節まで展開しレトラクターで1時間圧排した後, Wiltseアプローチにより多裂筋-最長筋間を展開し, L5-6横突起先端が露出されるように左右それぞれ30分間圧排, 計2時間保持した. 多裂筋の排除圧と筋血流量, 筋排除圧×時間 (pressure-time product : PT値) を測定し比較検討した. 筋排除圧は, W群がM群と比し有意に低値であった. 筋血流量は, 筋圧排中M群と比しW群が有意に高値を示した. PT値は, M群がW群の5倍高値を示した. M群は高圧, 連続長時間の多裂筋圧排により, 筋血流量の有意な低下をきたし, PT値もW群の5倍高値を示した. 一方, W群では, 低圧, 短時間の多裂筋圧排により筋血流量が維持されることが示された.

Key Words : 多裂筋, 筋圧, 筋血流量

緒 言

脊柱不安定性を有する腰部脊柱管狭窄症に対する後方進入腰椎固定術は, 確実な神経除圧と脊柱安定化を可能とし, 安定した治療成績をもたらすことから広く行われている. 一方, 傍脊柱筋の展開・圧排に伴う筋損傷に起因するいわゆる”fusion disease” とよばれる腰部の不快感・違和感の残存が問題点として指摘される.

その対策として種々のminimal access fusion法が考案されているが, その効果を基礎実験により評価した研究は少ない. 本研究では正中アプローチと傍脊柱筋間 (Wiltse) アプローチを併用した低侵襲後方アプローチ (以下, W群) と従来の正中単独アプローチ (以下, M群) を比較し, 各術式における傍脊柱筋の筋排除圧とそれに伴う筋血流量の変化をラットモデルを用い評価した.

方 法

・実験動物

生後5ヵ月齢, 平均体重450g~550gのWistar系ラット (Wistar-imamichi Rat) 雄を計25頭 (M群: 12頭, W群: 13頭) 用いた. Wistar-imamichi Ratは, 通常のWistarラットより体重が増加しやすいために選定した.

・麻酔および手術方法

Pentobarbiturate 50mg/kgを腹腔内に注射し全身麻酔後, 腰椎3~6までの椎体を透視下に確認し, 1椎間の腰椎椎弓根スクリュー固定を想定した横突起先端までの展開とその保持を行い, 多裂筋排除圧とそれに伴う多裂筋血流量の変化を測定した. 麻酔は, 血圧モニターを観察しながら, Pentobarbiturateを45分おきに5mg腹腔内に追加投与した.

① 正中単独アプローチ群 (M群)

L5, 6棘突起直上の正中皮切を行い, 同レベルの多裂筋を椎弓外縁まで展開した. さらにL5/6椎間関節を描出しL5およびL6の横突起先端まで展開し (図1a, b), 圧

平成20年10月30日受付, 平成20年11月28日受理
別刷請求先: 加藤仲幸

〒321-0293 栃木県下都賀郡壬生町北小林880
獨協医科大学 整形外科

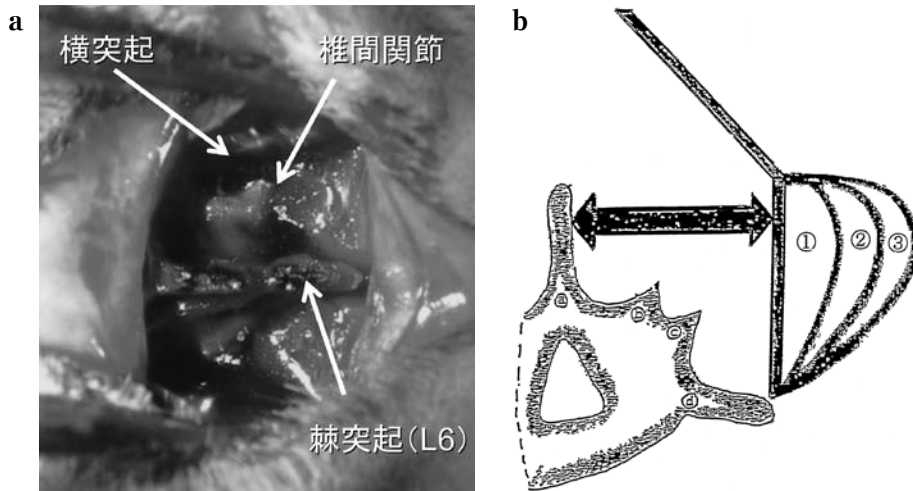


図 1a, b 正中展開単独アプローチ群 (M群) の展開模式図を示す。aは術中写真, bは横断面模式図である。⇔は、展開幅を示す。正中展開し棘突起より横突起先端まで展開している。①多裂筋 ②最長筋 ③腸肋筋 a棘突起 b乳様突起 c副突起 d横突起

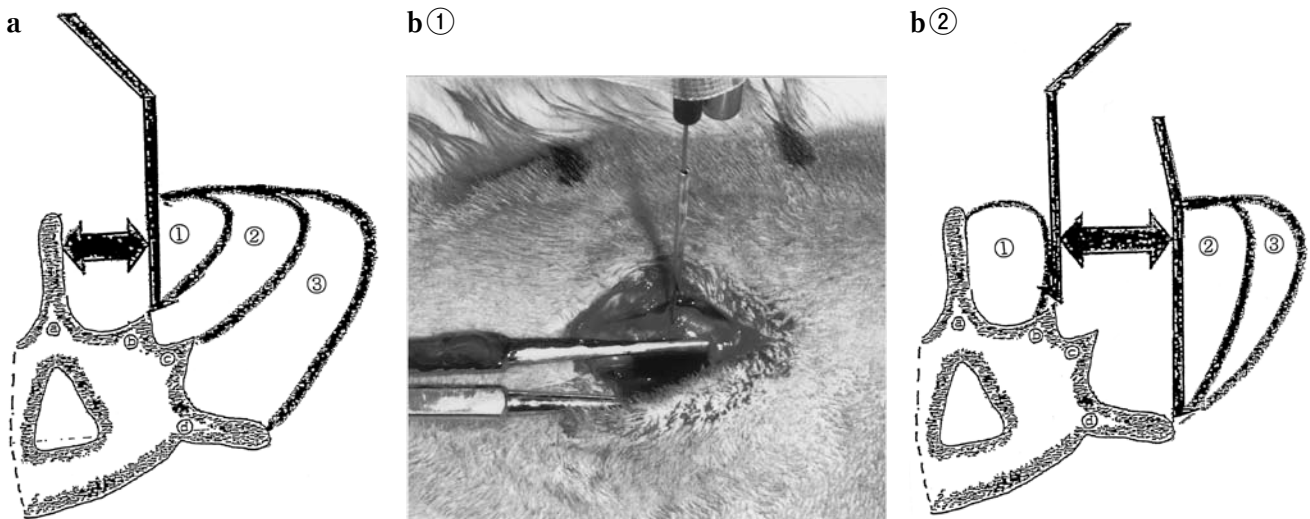


図 2a, b 正中アプローチと Wiltseアプローチを併用した低侵襲後方手術 (W群) の展開模式図を示す。aは正中展開時の横断面模式図である。正中展開し棘突起より椎間関節まで展開している。bは①外側展開 (Wiltseアプローチ) 時の術中写真と②横断面模式図である。Wiltseアプローチを施行し横突起先端が見えるように展開している。⇔は展開幅を示す。

センサー付きレトラクターを用いて傍脊柱筋を2時間連続で横突起先端まで圧排、保持した。頭尾側方向は1椎間の展開とした。

② 正中アプローチと Wiltseアプローチを併用した低侵襲後方手術 (W群)

同様の正中皮切を用い、正中はL5/6の椎間関節まで展開し (図2a)、圧センサー付きレトラクターで1時間圧排、保持した後、多裂筋・最長筋間アプローチ (Wiltse) によりL5およびL6横突起先端まで展開 (図2b①②) し、

これを左右それぞれ30分間圧排、保持した。合計のレトラクター設置時間は2時間である。

閉創時、十分に洗浄後CEZ 100 mg/mlを1ml創部に散布し、ナイロン糸を使用し皮膚縫合し閉創した。

・レトラクターによる筋排除圧測定 (図3)

圧センサーに共和電業製PS-1KC (計測レンジ: 10 ~ 1000 g/cm², 計測精度: 1%) を使用した。2×1cmのブレードに圧着し、5分ごとに計測した。

筋排除圧 (g/cm²) の全平均値は、1症例ずつ全症例の

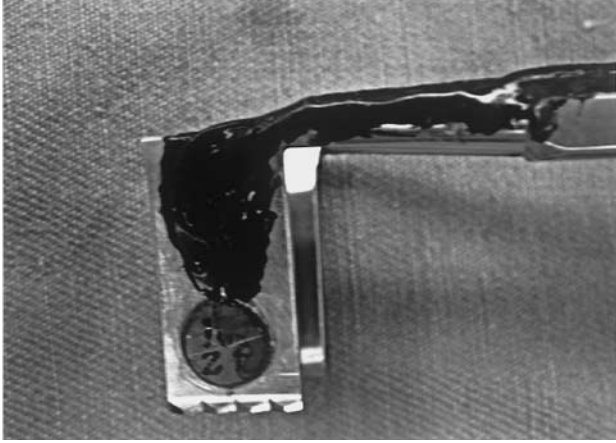


図3 圧センサー付きレトラクタープレート正面写真である。

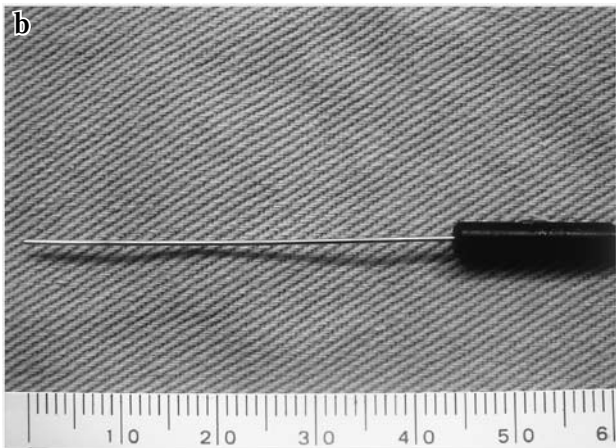


図4a, b 血流測定. a レーザー血流計本体. b 筋肉に刺入したニードル型センサーである。

平均を計算しその平均値とした。M群では圧排時間全ての平均を、W群では正中展開中の平均と外側展開中の平均を算出した。さらに、初期圧、最終圧に関しては、それぞれの時点における全症例の平均値とした。

・多裂筋内血流量測定 (図4a, b)

筋血流計として、Advance社製 ALF-21 ドップラー血流計 (測定範囲：半径1mm以内、計測レンジ：0.1～99.9 ml/min/100g、計測精度10%) を用いた。血流計

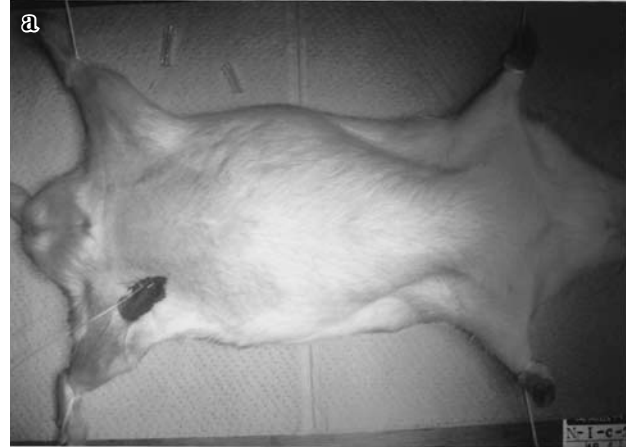


図5a, b 血圧測定である。a 単徑部よりカテーテルを刺入しているところ、b 血圧モニター

は、直径0.25 mmのニードル型センサーを定位固定装置にとりつけ、多裂筋筋腹中央で筋膜を19G針を用い穿刺し、それを通して多裂筋中央部に挿入、保持し5分ごとに測定した。

・血圧測定 (図5a, b)

血圧測定には、フクダ電子社製 (DYNASCOPE, DS-5300 W) を使用し単徑部より大腿動脈にIntramedic polyethylene tubing (内径：0.58 mm, 外径：0.965 mm) を留置し術中モニターした。

・検討項目

多裂筋排除圧の平均圧、初期圧、最終圧、多裂筋血流量、筋排除圧×圧排時間 (pressure-time product : PT値) をM群およびW群の2群間で比較した。

腰椎後方手術後の筋変性は、PT値に依存し、PT値が高度であれば筋再生が遅延するとの報告¹⁾がある。これを参照し、PT値を測定検討した。

統計検定には一元配置分散分析を使用した。

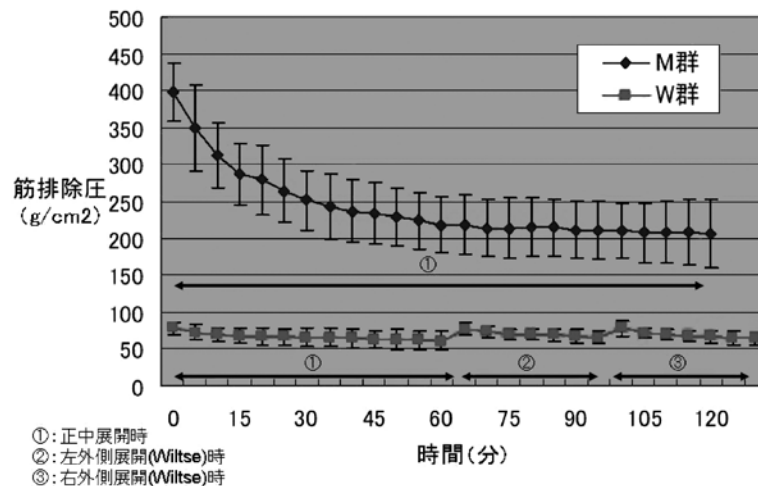


図6 多裂筋排除圧の経時変化を示す。●印はM群、■印はW群を示す。①は正中圧迫時の筋圧で、W群に関しては、②は左側方圧迫時の③は右側方圧迫時の筋圧を示す。M群およびW群ともに応力緩和現象により徐々に筋圧は低下しているのが分かる。また、いずれの時期においても多裂筋筋圧は、M群の方がW群と比較し有意に高かった。

表1 多裂筋排除圧の比較M群、W群の初期圧、維持圧、平均圧 (g/cm²) の平均値

		初期圧	最終圧	平均圧
M群		398.0 ± 40.2	206.2 ± 45.7	242.5 ± 62.5
W群	正中展開時	77.6 ± 8.0	60.7 ± 12.7	68.1 ± 10.5
	外側展開時	77.4 ± 8.7	65.0 ± 8.2	69.6 ± 8.6

結 果

・多裂筋排除圧 (図6, 表1)

筋排除圧 (g/cm²) の平均値はM群: 243 ± 62 (初期圧: 398 ± 40, 最終圧: 206 ± 47), W群・正中展開時: 68 ± 11 (初期圧: 78 ± 8, 最終圧: 61 ± 13), W群・外側展開時: 70 ± 8 (初期圧: 77 ± 9, 最終圧: 65 ± 8)であった。両群とも初期圧から応力緩和現象により徐々に低下し維持された。W群は、M群と比し終始有意に低値を示した (p < 0.001)。

・多裂筋血流量 (図7, 表2)

筋血流量 (ml/min/100g) は、M群: 皮膚切開時15.0 ± 1.2, 展開操作 (筋剥離) 後12.2 ± 1.2, 正中圧排時4.0 ± 0.8, W群: 皮膚切開時15.2 ± 0.9, 展開操作 (筋剥離) 後12.8 ± 1.4, 正中圧排時7.1 ± 0.9, 外側圧排時6.3 ± 0.7であった。筋血流量は、展開操作によりわずかに低下した後、筋圧排によりさらに低下した。展開操作後にM群は19.4%, W群は5.8%それぞれ低下した。レトラクターによる多裂筋圧排により、M群では73.3%の血流低下をきたした。一方、W群では正中圧排時に53.3%, Wiltse

アプローチによる外側圧排時には58.9%の血流減少をみた。多裂筋圧排中はM群と比しW群において終始有意に高値を示した (p < 0.001)。

・PT値 (pressure-time product)

PT値はM群: 29105 g/cm²xmin, W群: 6081 g/cm²xminと有意にW群が小さかった (p < 0.001)。

・平均血圧

麻酔薬投与時など一過性に低下することがあったが、M群122.4 ± 20.0 mmHg, W群123 ± 20.5 mmHgと有意差はなかった。

・レトラクターの開大幅

レトラクターの開大幅 (多裂筋排除距離) は、M群: 平均13.1 ± 0.9 mm, W群の正中展開時: 平均5.7 ± 1.1 mm, 外側展開時: 平均4.8 ± 0.4 mmであり、M群はW群と比し有意に開大していた (p < 0.001)。

考 察

本実験のM群は、脊柱管除圧および脊椎インストゥル

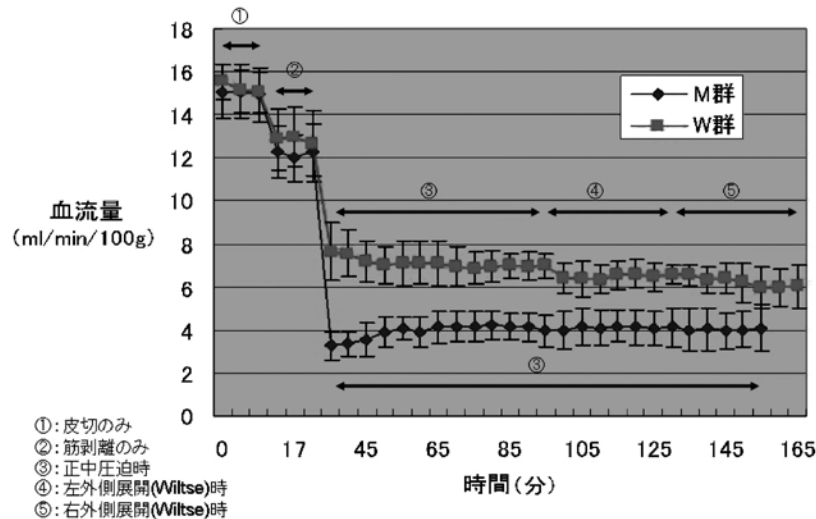


図7 多裂筋血流量の経時変化を示す。①は皮膚切開時②は展開操作後③は正中圧迫時の血流量を示す。またW群に関しては、④左外側圧迫時⑤右外側圧迫時の血流量を示す。両群間ともに筋組織の血流量は、展開時にて軽度低下し、術中血流量は、W群はM群と比較し血流が保たれていた。

表2 多裂筋血流量の比較 M群, W群の皮膚切開時, 展開操作後, 多裂筋排除時の血流量 (ml/min/100g)

	皮膚切開時	展開操作後	圧迫時
M群	15.0 ± 1.2	12.2 ± 1.2	4.0 ± 0.8
W群	15.2 ± 0.9	12.8 ± 1.4	正中展開操作 7.1 ± 0.9 外側展開操作 6.3 ± 0.7

メンテーションを正中進入路から行える通常の腰椎後方展開を模擬したモデルであり、より外側（横突起先端）までの傍脊柱筋圧排を要する。一方、低侵襲アプローチ（Mini-open法）^{2~4}を模擬したモデルであるW群は正中経路からは脊柱管除圧のみを行い、脊椎インストゥルメンテーションに必要な外側展開は多裂筋の外側から進入する。これにより、展開時の傍脊柱筋排除移動距離を減少させ、筋排除圧の軽減が図れる（図1, 2）。本実験では多裂筋排除圧は全経過を通して、W群がM群を有意に下回っていたことから、後者（低侵襲アプローチ）では筋排除圧が有意に軽減されることが示された。

また、本実験において多裂筋血流量は、M群がW群と比し、有意に低下していることが示された。Kawaguchiら⁵は、レトラクターブレードによる筋圧排でレトラクター近傍（5mm）の筋組織血流が低下し、レトラクターブレードから離れるにしたがいその影響が小さくなることを示した。本実験では小動物であるラットを利用したため、多裂筋ボリュームが小さくレトラクターブレードによる圧排は、より広範囲すなわち多裂筋全体におよび、筋腹中央で計測した筋血流も低下したものと考えられ

る。

一方、後方展開に伴う多裂筋の棘突起および乳様突起からの剥離操作も筋血流低下の一因として考えられる。添田ら⁶は、傍脊柱筋を棘突起から横突起先端を越えて後腹膜の深さまで切離し、その血流変化を測定した。1椎幅の切離で筋血流はコントロールの1/2に減少し、3椎幅に拡大しても変化せず、切離範囲を4椎幅以上に拡大すると最大1/4に筋血流が低下したことを示した。本実験は1椎間の展開であるので、彼らの実験の2椎分に相当した。横突起後面までの展開であるため、彼らの実験ほどの血流低下をきたさなかったが、圧迫なし展開操作のみでも約20%の血流低下がみられたことから、多裂筋の後方剥離操作のみでも筋血流が低下すると考えられる。

川口らは、腰椎後方手術による傍脊柱筋の変性、壊死は、早期より出現し、その原因として筋排除操作による筋内圧上昇が筋血流低下を引き起こしたことを確認し、その程度は筋排除圧の高さと圧迫時間により決定されるとした⁵。すなわち、術後傍脊柱筋変性は筋排除圧×排除時間（PT値）に依存し、これが高値をとるほど筋変性

所見は高度となり、再生も遅延すると述べた^{1,7,8)}。さらに彼らは、腰椎後方手術後患者において、PT値が高いほど術後のCPK-MM isozymeが、高値であることを示し、その臨床的意義を検討した^{9,10)}。本実験結果では、PT値は、M群の29105.2 (g/cm² × min) に対し、W群では6080.8 (g/cm² × min) と、約1/5に抑えられたことから、この低侵襲アプローチモデルにより術後の筋変性も抑制される可能性が示唆された。この点に関しては、今後、組織学的な検討が必要である。

レトラクターによる傍脊柱筋の阻血は、ターニケットを使用した四肢の手術における骨格筋の状態と類似している¹¹⁾。通常、ターニケットを用いた手術では、手術が長時間に及ぶ場合、90分から120分ごとにターニケットを解除する方法がとられる。この操作により術後患肢の筋変性を軽減することが報告されている¹²⁾。本実験のM群は筋排除圧が高いのみならず長時間持続する点も、術後の背筋障害発生に対し、不利な状況と言える。一方、Wiltse-正中アプローチ併用したW群では、3つの異なるアプローチの組み合わせのため各アプローチの筋圧排時間が短いことも、傍脊柱筋に対してより低侵襲であると推察された。

結 論

正中単独アプローチ群 (M群) は高圧、長時間の多裂筋筋圧排により、筋血流量の有意な低下をきたし、Wiltse-正中アプローチ併用した低侵襲アプローチ群 (W群) では、多裂筋筋圧排の軽減効果と圧迫時間の短縮効果のため筋血流が維持されることが示された。筋血流量は、M群がW群と比較し低かったことより阻血による筋障害のリスクは、M群の方が高くW群はM群よりも筋障害を軽減する可能性が示唆された。

謝 辞 稿を終えるにあたり、本研究に対しご指導を賜りました獨協医科大学整形外科教室、野原裕教授に深甚なる謝意を表します。また直接ご指導ご高閲賜りました種市洋准教授、ご協力頂きました整形外科教室、実験動物センタースタッフの皆様に深謝します。

第14回日本最小侵襲整形外科学会および第16回日本腰痛学会で発表

文 献

1) Kawaguchi Y, Matsui H, Tsuji H : Back muscle injury after posterior lumbar spine surgery-part 1. Histological and histochemical analyses in rats. *Spine* **19** :

2590-2597, 1994.
 2) Taneichi H, Suda K, Kajino T, et al : Unilateral transforaminal lumbar interbody fusion and bilateral anterior-column fixation with two open-box carbon cages per level : clinical outcomes during a minimum 2-year follow-up period. *J Neurosurg Spine* **4** : 198-205, 2006.
 3) 種市洋 : 腰椎すべり症に対するMini-open TLIF—低侵襲脊椎固定のための傍脊柱筋間アプローチと正中アプローチの併用. *脊椎脊髄* **19** : 399-405, 2006.
 4) 種市洋 : 低侵襲脊椎固定術のための腰仙椎後方アプローチ. Mini-open TLIFのための傍脊柱筋間アプローチと正中アプローチの併用. [新世代の整形外科手術 28巻・Useful Surgical Approach—定型からオリジナルまで, 岩本幸英編] メジカルビュー社, 東京, pp141-145, 2005.
 5) Kawaguchi Y, Yabuki S, Styf J, et al : Back muscle injury after posterior lumbar spine surgery. Topographic evaluation of intramuscular pressure and flow in the porcine back muscle during surgery. *Spine* **21** : 2683-2688, 1996.
 6) 添田修一, 佐藤則博, 南岡柴野, 他 : 後方展開操作による腰部傍脊柱筋の損傷と再生—再生不全要因としての脊髄神経後枝損傷の問題—. *脊椎脊髄ジャーナル* **10** : 643-650, 1997.
 7) 川口善治, 下条竜一 : 手術による筋損傷の病態とその対策. *NEW MOOK*, No9 : pp.234-239.
 8) Kawaguchi Y, Matsui H, Tsuji H : Back muscle injury after posterior lumbar spine surgery—part 2. Histological and histochemical analyses in humans. *Spine* **19** : 2598-2602, 1994.
 9) Kawaguchi Y, Matsui H, Tsuji H : Back muscle injury after posterior lumbar spine surgery. A histological enzymatic analysis. *Spine* **21** : 941-944, 1996.
 10) Kawaguchi Y, Matsui H, Tsuji H : Changes in serum creatine phosphokinase MM isoenzyme (CPK-MM) after lumbar spine surgery. *Spine* **22** : 1018-1023, 1997.
 11) Pedowitz RA : Tourniquet-Induced neuromuscular injury. A recent review of rabbit and clinical experiments. *Acta orthop scand*, (Suppl) **245** : 3-14, 1991.
 12) Sapega AA, Heppenstall RB, Chance B, et al : Optimizing tourniquet application and release times in extremity surgery. A biological and ultrastructural study. *J Bone Joint Surg*, **67**(Am) : 303-314, 1985.