

厚生労働科学研究費補助金（難治性疾患等克服研究事業（難治性疾患克服研究事業））
分担研究報告書

頚椎後縦靭帯骨化症に対する椎弓形成術における大量出血例の危険因子に関する研究

加藤壯 筑田博隆 竹下克志

東京大学医学部附属病院整形外科・脊椎外科

分担研究者： 川口浩 東京大学医学部附属病院整形外科・脊椎外科 准教授

星地亜都司 木村敦

自治医科大学整形外科

分担研究者： 星野雄一 自治医科大学整形外科 教授

研究要旨 多施設研究による OPLL に対する椎弓形成術 545 例の調査において、500g 以上の術中大量出血は 8.3%に報告された。脊柱管占拠率 60%以上は大量出血の危険因子であり、オッズ比は 2.4 倍である。

A. 研究目的

OPLL に対する椎弓形成術の術中出血量の分布と、大量出血の危険因子となる画像所見につき調査すること。

B. 研究方法

2005 年 4 月から 2008 年 3 月までに国内 27 施設において実施された OPLL に対する椎弓形成術を調査した。患者基礎情報、手術関連データ、OPLL の画像所見を調査し、大量出血群とコントロール群で比較した。

C. 研究結果

術中出血量が報告された 545 例(男性 429 名、女性 116 名、平均 62.7 歳) のデータを解析した。平均出血量は 223g (中央値: 130 g、範囲: 少量~3350g) であった。500g を超える大量出血は 8.3%で報告されていた。脊柱管占拠率は大量出血群で有意に大きかった (48.3% vs. 42.2%、 $p = 0.02$)。多変量解析では占拠率 60%以上は大量出血の危険因子として同定された (オッズ比: 2.4、

95%信頼区間: 1.1~5.3)。

D. 考察

OPLL に対する術中出血量の報告は過去に少なく、本研究は症例数が最も大きい。大量出血の原因はまだ解明されていない。

E. 結論

OPLL に対する椎弓形成術においては、術中大量出血のリスクがあり、本研究では 500 g 以上の出血は 8.3%に報告された。脊柱管占拠率 60%以上は大量出血の危険因子であり、オッズ比は 2.4 倍である。

F. 健康危険情報

総括研究報告書にまとめて記載。

G. 研究発表

1. 論文発表

Kato S, Chikuda H, Seichi A, Ohtsu H, Kimura A, Toyama Y: Radiographical risk factors for major intraoperative blood loss during laminoplasty in patients with

ossification of the posterior longitudinal ligament. *Spine* 37(25):E1588-93, 2012

2. 学会発表

Radiographic risk factors for major intraoperative blood loss during laminoplasty in patients with ossification of the posterior longitudinal ligament. *Spine Across the Sea, Hawaii, USA, July 2012.*

H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

厚生労働科学研究費補助金（難治性疾患等克服研究事業（難治性疾患克服研究事業））
分担研究報告書

頰椎後縦靱帯骨化症に対する椎弓形成術の長期成績 -20年以上の経過観察を経て-
Long-term results of cervical laminoplasty for ossification of the posterior
longitudinal ligament: more than 20 years follow-up

研究分担者：川口善治 富山大学医学部整形外科学診療教授

研究協力者：堀 岳史 安田剛敏 関庄二 木村友厚 富山大学医学部整形外科学

研究要旨 頰椎後縦靱帯骨化症（OPLL）に対し椎弓形成術（CLAP）を施行し、20年経過観察した症例において症状および骨化巣の変化を評価した。1983年から1991年までOPLLに対しCLAPを施行し追跡が可能であった15例を対象とした。術前平均JOAスコアは8.8点で、その後術後1年で14.0点と改善し、最終経過観察時では13.4点と改善が維持されていた。骨化巣は連続型と混合型の全例で増大していた。また分節型では50%に骨化巣の増大を認めた。骨化巣の増大のため症状が増悪した症例を3例に認めた。これらのうち2例に対し前方除圧固定術を施行し、良好な結果を得た。以上のことからOPLLでは術後長期にわたる注意深い観察が必要であると考えられた。

A. 研究目的

頰椎後縦靱帯骨化症（OPLL）は椎弓形成術（CLAP）後に骨化巣が増大することが知られている。我々は、連続型、混合型の手術時年齢が若年である症例に骨化巣が増大しやすいことを報告してきた。また、OPLLに対しCLAPを施行し10年経過観察した症例では、良好な成績が得られたことも報告した。しかしCLAPを施行した症例のその後の経過については明らかな検討はない。本研究の目的は、OPLLに対しCLAPを施行し20年経過観察した症例における症状および骨化巣の変化を評価することとした。

B. 研究方法

1983年から1991年までOPLLに対しCLAPを施行し、20年以上経過後生存を確認した35例のうち追跡が可能であった15例（追跡率42.8%）を対象とした。男性10例、女性5例、手術時平均年齢は51.7歳（42

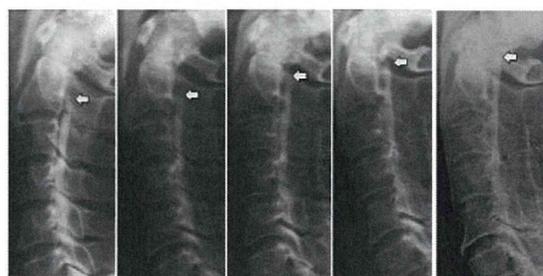
-65歳）、最終観察時平均年齢は75.9歳であった。経過観察期間は24.2年（20-28年）であった。術前のOPLLのタイプは、連続型4例、分節型6例、混合型5例であった。これらに対し、JOAスコアの推移および症状の増悪の有無を調べ、症状が増悪した原因を検討した。また再手術を施行した例にはその要因を検討した。さらに単純レントゲンを用いて骨化巣の増大の有無を術後6か月、1年、3年、5年、10年、20年以上で評価しOPLLのタイプごとに骨化巣の伸展があるか否かを分析した。尚、術前の骨化巣と比較し2mm以上の伸展があったものを、骨化伸展ありとした。

C. 研究結果

1) 症状の変化：術前平均JOAスコアは8.8点であった。術後1年で14.0点と改善を認め、最終経過観察時では13.4点と改善が維持されていた。術後に骨化巣の増大に伴い

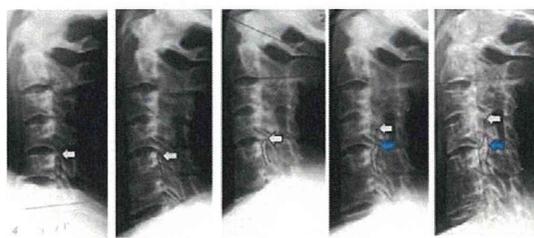
症状が増悪した症例を3例に認め、このうち2例に対し前方除圧固定術を施行した。この2例は50歳代の混合型で、他の1例は40歳代の連続型であった。前方除圧固定術後症状は再び軽快した。

2) 骨化巣の増大：連続型、混合型の症例では、全例で骨化巣の増大を認めた。一方、分節型の症例では、3例(50%)に骨化巣の増大を認めた。また、術後10年経過後も骨化巣が増大した症例は6例であり、40歳代の連続型、混合型がそれぞれ1例、50歳代の混合型が1例、分節型が3例であった。
 症例1(図1)：48歳男性、連続型 OPLL。術後5年以降も伸展を続け、術後20年まで伸展を続けている。



術前 術後1年 術後5年 術後10年 術後20年
 図1

症例2(図2)：57歳男性、分節型 OPLL。術後少しずつ伸展を続け、5年でわずかな伸展であるが、術後20年では伸展が明らかである。



術前 術後1年 術後5年 術後10年 術後20年
 図2

D. 考察

OPLLに対するCLAPは、術後20年経過しても良好な成績を維持していた。連続型、混合型では、全例が術後に骨化巣の増大を認め、その3割が10年以降も増大しており、分節型では、術後10年以降に増大が明らかとなる症例もあった。

また後方手術後経過観察中に起こった症状の増悪に対しては、前方手術によってある程度の改善が期待できるものと思われた。

以上のことより、OPLLに対しては頸椎椎弓形成術術後20年経過しても注意深い観察が必要であると考えられた。

参考文献

- 1) Kawaguchi Y, Kanamori M, Ishihara H, Nakamura H, Sugimori K, Tsuji H, Kimura T.: Progression of ossification of the posterior longitudinal ligament following cervical laminoplasty. J Bone Joint Surg Am (83), pp1798-1802, 2001.
- 2) Iwasaki M, Kawaguchi Y, Kimura T, Yonenobu K.: Long-term results of expansive laminoplasty for ossification of the posterior longitudinal ligament of the cervical spine: more than 10 years follow up. J Neurosurg Spine 2(96), pp180-189, 2002.
- 3) Kawaguchi Y, Kanamori M, Ishihara H, Ohmori K, Nakamura H, Kimura T.: Minimal 10-year followup after en bloc cervical laminoplasty. Clin Orthop (4), pp129-139, 2003.
- 4) Hori T, Kawaguchi Y, Kimura T.: How does the ossification area of the posterior longitudinal ligament

progress after cervical laminoplasty? Spine (31), pp2807-2812, 2006.

5) Hori T, Kawaguchi Y, Kimura T.: How does the ossification area of the posterior longitudinal ligament thicken following cervical laminoplasty? Spine (32), ppE551-E556, 2007.

6) Kawaguchi Y, Urushisaki A, Seki S, Hori T, Hachinoda J, Abe Y, Kimura T.: Evaluation of ossification of the posterior longitudinal ligament by three-dimensional computed tomography and magnetic resonance imaging. Spine J (11), pp927-932, 2011.

7) Kawaguchi Y.: Operative strategies and underlying biomechanical principles in management of OPLL. Complex issues in Neurosurgical Practice. by Siddhartha Ghosh and Hrishikesh Sarkar, Thieme publishers (in press)

E. 結論

- 1) OPLL に対する頸椎椎弓形成術後は術後 20 年経過しても良好な成績を維持していた。
- 2) OPLL の骨化巣のタイプでは連続型、混合型では、全例が術後に骨化巣の増大を認め、その 3 割が 10 年以降も増大していた。
- 3) OPLL では術後長期にわたる注意深い観察が必要である。

F. 健康危険情報

総括研究報告書にまとめて記載。

G. 研究発表

論文発表

1. Hori T, Kawaguchi Y, Nakano M, Yasuda T, Seki S, Kimura T. : Long-term results of

cervical laminoplasty for ossification of the posterior longitudinal ligament: more than 20 years follow up. 投稿予定
学会発表

1. 堀 岳史、川口善治、中野正人、安田剛敏、関 庄二、金森雅彦、木村友厚：頸椎後縦靱帯骨化症に対する頸椎椎弓形成術の長期成績-20 年以上の経過観察を経て-。第 41 回日本脊椎脊髄病学会にて発表した。

H. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

本研究においては予定なし。

後弯を伴う頸椎後縦靭帯骨化症の矯正による脊髄除圧

研究分担者 鏡 邦芳 北海道大学体幹支持再建医学分野教授
研究協力者 高畑雅彦，伊東 学，須藤英毅，長濱 賢，平塚重人
北海道大学病院整形外科

研究要旨 後縦靭帯骨化症における脊髄症状の発現因子として、骨化靭帯の厚さ、固有脊柱管前後径、外傷などのほか、局所後弯度も重要である。後弯度がある程度の限界を超えると後方除圧手術の効果は期待しがたく、前方除圧が選択されることが多い。しかし前方除圧を要する高位が軸椎に及ぶ場合、除圧操作性に問題があり内固定も困難である、また4-5椎体以上の除圧を要する場合、除圧固定に伴う合併症の頻度は少なくない。当科では、頸椎椎弓根スクリューを固定アンカーとして後弯を矯正することにより除圧効果を期待する方法を試みてきた。これまで後弯を伴う7例の頸椎後縦靭帯骨化症に対し後方除圧と後弯矯正を行い良好な脊髄障害の改善が得られた。長い範囲の除圧を要する例や除圧の頭側が軸椎に及ぶ例などにより適応があると考えられる。

A. 研究目的

頸椎後縦靭帯骨化症（以下、頸椎 OPLL）に対する手術方法は前方除圧固定と後方除圧に大別される。各々長短はあるが、後弯度が強い場合や、骨化靭帯が厚く、脊柱管の占拠率が著しく大きい例に対する後方除圧の効果は低いことが報告されてきた。当科では初回手術前から後弯が強い例や後方除圧後に後弯変形が進行して脊髄症状が再悪化した例に対し、前方除圧固定法と後方除圧と頸椎椎弓根を固定アンカーとして後弯矯正を行う方法を適宜選択してきた。本研究では後弯矯正固定により治療された7例の成績を調査し、適応や問題点などに関し検討する。

B. 研究方法

後弯を伴う頸椎 OPLL による頸髄症に対して1999年から2012年の間に、後方除圧と

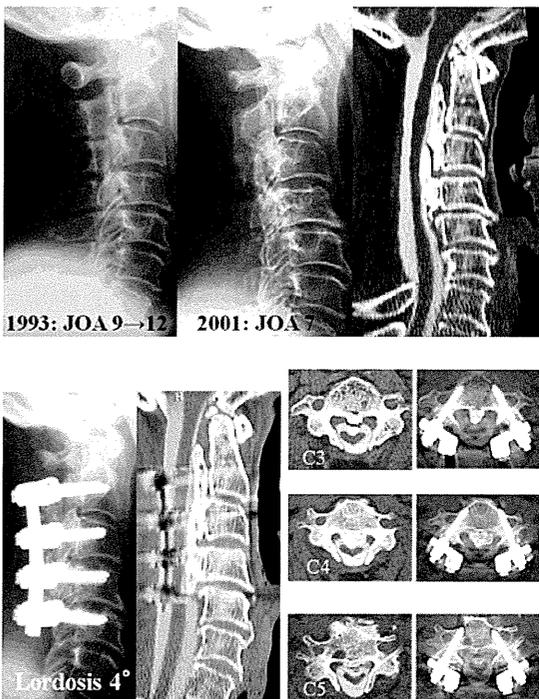
頸椎椎弓根を固定アンカーとして後弯矯正を行った7例を検討の対象とした。男性5例、女性2例で年齢は41歳から72歳、平均58歳であった。椎弓形成術による初回手術で除圧効果なかった2例と、椎弓形成術で一旦脊髄症状改善したが後弯の進行とともに頸髄症が悪化しサルベージ手術を要した1例の計3例では、硬膜後方の瘢痕切除後に後弯矯正を行った。骨化のタイプ、範囲と高位、術前後の神経症状と後弯度の推移、手術による合併症などを調査した。

（倫理面での配慮）

本研究は、手術前の病態および手術後の経過を後ろ向きに検討したものであり、倫理面での問題はない。また、収集した患者個人情報に関しては、漏洩のないよう厳密に管理して研究に用いた。

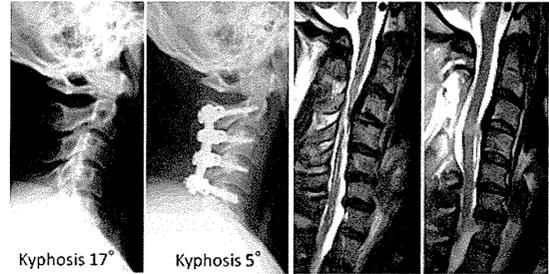
C. 研究結果

骨化のタイプは7例中6例が混合型で1例は分節型であった。骨化の最頭側はCが2例、C2が2例、C3が3例であった。骨化の範囲は6椎、5椎、2椎が各1例、4椎4例であった。神経症状の程度はJOAスコアで術前平均9.7(7-13)が最終経過観察時平均14.0(12-15)に改善していた。悪化例はなかった。後弯角は術前平均17.0°(14~25)が術後平均1.7°(-4°~7)に改善した。後弯矯正による神経根障害の予防として1例に椎間孔拡大を行ってから矯正したが一次的C5麻痺が生じた。このC5麻痺は自然消失した。



症例1. 混合型 OPLL に対し椎弓形成術が行われ、JOAスコアは9点から12点に改善したが後弯進行とともに再度頸髄症が7点に悪化した。脊髄膠胞にはクモ膜下腔が存在し、後方除圧の効果は期待できなかった。椎弓根スクリュー固定により、14°の後弯

は4°前弯に矯正され、頸髄障害は再度14点に改善した。



症例2. C3-4のOPLLで17°の後弯を伴っていた。後方除圧と12°の後弯矯正によりJOAスコアは9点から13点に改善した。

D. 考察

頸椎 OPLL による脊髄前方の機械的ストレスは後弯変形の存在により加重される。この後弯の影響は、頸椎症性脊髄症に後弯を伴った場合よりも大きいことが予測される。このような場合、前方からの直接的除圧の効果は期待できる。しかし、長い範囲の前方除圧には様々な合併症の報告が多い。また椎体切除による前方除圧が軸椎まで必要な場合は手術操作に困難が伴い、内固定も不確実となる可能性が高い。当科では後弯を伴う頸椎 OPLL における脊髄障害進展の大きな要素である後弯を矯正することにより、前方除圧と同様な除圧効果がもたらせられると考え、7例にこの術式を実践した。いずれの症例も後弯度は比較的小さく、20°以下の矯正で除圧効果が得られた。問題点として、後方除圧と後弯矯正を同時に行うことにより、脊髄は大きく後方に転位なされるため、tethering 効果や後弯矯正に伴う椎間孔狭窄に起因する神経根障害のリスクがあることである。また椎症性変化が強いと、術前から椎間孔が狭窄状態にある可能性が強く、椎間孔の状態によっては

椎間孔切除を行ってから矯正固定することを検討してよい。

後方除圧後のサルベージ手術例では硬膜が瘢痕組織に被覆されている。瘢痕組織を残したまま後弯矯正を行うと、瘢痕組織の脊柱管側へのたわみにより頸髄障害が増悪する危険がある。当科ではこのような場合、硬膜上の瘢痕組織を確実に切除してから後弯矯正を行っている。

頸椎 OPLL では骨化による椎間制動効果があり、椎間可動性は通常より低下している。そのため後弯矯正には椎弓根スクリューのような強力な固定アンカーが必要である。

E. 結論

後弯を伴う頸椎 OPLL の手術治療として、後弯矯正は脊髄の除圧効果をもたらす。椎弓根スクリュー固定は後弯矯正に威力を発揮する。

F. 健康危険情報

総括研究報告書にまとめて記載。

G. 研究発表

1. 論文発表

Abumi K, Ito M, Sudo H. Reconstruction of the subaxial cervical spine using pedicle screw instrumentation. Spine 37:E349-56, 2012.

2. 学会発表

Indirect nerve decompression by deformity correction at the craniovertebral junction. Symposium 5: Deformity/ OPLL. The 6th Asia Pacific Cervical Spine Society Meeting. Nov 8-9, 2012, Chiang Mai, Thailand

H. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

特になし

2. 実用新案登録

特になし

3. その他

特になし。

頚椎インストゥルメンテーション手術における O-arm ナビゲーションの有用性
に関する研究

研究分担者 野原 裕 獨協医科大学整形外科教授

研究要旨 頚椎インストゥルメンテーション手術における O-arm ナビゲーションの有用性を検証するため、従来法である C-arm 使用手術との比較を行った。結果、頚椎椎弓根スクリュー刺入精度は 92%と、高精度であった。頚椎後縦靭帯骨化症に対する後方手術の際、インストゥルメンテーション併用手術が適応となる場合がある。インプラントの骨外への逸脱が重篤な合併症を引き起こす可能性のある頚椎インストゥルメンテーションをより安全に行うために支援ツールとして、O-arm ナビゲーションが有用であることが示された。

A. 研究目的

頚椎後縦靭帯骨化症の後方手術について、分節型であり骨化巣が K-line の背側を超える例に対しては、インストゥルメンテーションによる前弯形成を併せた除圧術が適応となる。頚椎インストゥルメンテーション手術はインプラントの骨外への逸脱が重篤な合併症の原因となり得るため、高度な技術と経験を要求される。一方、手術用ナビゲーションに代表される手術支援ツールの発達、困難な手術、症例における安全性、正確性の向上に大きく貢献しているとの報告が散見される。当科では 2011 年 10 月から、手術中 CT 撮影を行い得られたデータを基に 3D ナビゲーションを行うシステム、O-arm ナビゲーション（以下 O-arm）を導入した。本研究の目的は、O-arm の有用性を検証することである。

B. 研究方法

2011 年 11 月から 2012 年 9 月までに O-arm を使用し、C2 以下に椎弓根スクリュー（PS）刺入を行い、かつ術後 CT でス

クリュー刺入状態を観察した 7 例 36 本。対照は 2010 年 5 月以降、C-arm を用いて C2 以下の PS 刺入を行い、術後 CT 撮影を行った 19 例 79 本。群間で PS 刺入の正確性の比較を行った。また、機材セットアップに要した時間（体位変換から手術開始までに要した時間）の比較を行った。

C. 研究結果

PS 刺入精度は O-arm 33/36 本（91.7%）であった。C-arm 群では 71/79 本（89.9%）であり、群間に有意差は認めなかった（ $p=0.76$ ）。セットアップ時間は O-arm 67.3 分、C-arm 54.9 分であり、群間に有意差を認めなかった（ $p=0.09$ ）。

D. 考察

O-arm 使用により、90%以上の高い精度での PS 刺入が可能であった。C-arm 群との比較で有意差を認めなかったが、C-arm 使用時はペディクルサウンダーでの刺入孔確認にて椎弓根外への穿破を認めた際、刺入を断念していることが本検討で考慮され

ていないことが理由として挙げられる。セットアップ時間はC-arm使用の従来法と同程度であり、医療スタッフの術中放射線被曝がほぼ皆無であることもO-armの大きな利点である。以上から、頸椎インストゥルメンテーションをより安全に行うために支援ツールとして、O-armが有用であることが示された。

E. 結論

頸椎インストゥルメンテーション手術において、O-armは手術を安全に行うために有用なツールである。

F. 健康危険情報

総括研究報告書にまとめて記載。

G. 研究発表

1. 論文発表

無し

2. 学会発表

第207回栃木県整形外科医会。2013年
11月17日、宇都宮市

(発表誌名巻号・頁・発行年等も記入)

H. 知的財産権の出願・登録状況

(予定を含む。)

1. 特許取得

無し

2. 実用新案登録

無し

3. その他

無し

厚生労働科学研究費補助金（難治性疾患等克服研究事業（難治性疾患克服研究事業））
分担研究報告書

K-line(-)型頸椎後縦靱帯骨化症に対する手術成績：前方除圧固定術、椎弓形成術
および後方除圧固定術の比較

山崎正志 筑波大学医学医療系整形外科

大河昭彦 古矢丈雄 加藤啓 稲田大悟 神谷光史郎 池田修 国府田正雄 高橋和久

千葉大学大学院医学研究院整形外科

望月真人 沼津市立病院整形外科

小西宏昭 長崎労災病院整形外科

分担研究者：山崎正志 筑波大学医学医療系整形外科教授

研究要旨 K-line (-)型頸椎後縦靱帯骨化症 (OPLL)に対する前方除圧固定術 (ASF)、椎弓形成術 (LMP)および後方除圧固定術 (PDF)の手術成績を比較検討した。1999年7月から2010年12月の期間に手術を行い、術後1年以上経過したK-line(-)型OPLL症例を対象とし、ASF15例、LMP16例およびPDF17例であった。術後1年時の改善率(平均)はASF65.2%、LMP20.7%、PDF42.3%であり、最終調査時の改善率はASF72.0%、LMP14.5%、PDF43.5%であった。今回の検討から、K-line(-)型OPLLに対する後方除圧固定術の成績は前方法には及ばないまでも、比較的良好な成績が得られていた。K-line(-)型OPLLに対しては、前方除圧固定術を第一選択とするべきであるが、何らかの理由で前方法が選択できない場合は、後方除圧固定術が有効な選択肢になると考えられた。

A. 研究目的

我々は頸椎後縦靱帯骨化症 (OPLL)に対する手術法の決定に際し、X線側面像にて第2頸椎および第7頸椎の脊柱管の midpoint を結ぶ線 (K-line)による評価を行ってきた[1]。骨化がK-lineを越えない場合をK-line (+)、越える場合をK-line (-)と定義し、頸椎OPLLに対する術式選択のパラメーターとしてきた。

これまでの研究で我々は、K-line (+)型頸椎

OPLLに対する後方除圧術は比較的良好な成績が得られること、これに対し、K-line (-)型頸椎OPLLに対する後方除圧術は成績不良であり、前方除圧固定術の選択が望ましいことを報告してきた[1, 5]。また、無症候性頸椎OPLL例を対象とした研究で、脊髄最大圧迫高位における脊柱管の不安定性が、頸椎OPLL例の脊髄症の発症に密に関与することを報告した[2]。さらには、K-line (-)型頸椎OPLL例で前方固定

術の選択が困難な例に対する後方法の成績について検討し、除圧固定術は除圧術単独よりも成績が勝ることを報告した[3, 4]。

本年度の研究では、骨化がK-lineを超え、本来後方法では脊髄除圧が得られにくいK-line(-)型頸椎OPLL例に対する前方除圧固定術、椎弓形成術および後方除圧固定術の手術成績を比較検討することを目的とした。

B. 研究方法

1. 対象

1999年7月から2010年12月の期間に千葉大学病院、沼津市立病院および長崎労災病院で手術を行い、術後1年以上経過したK-line(-)型OPLL例を対象とした(表1)。内訳は、前方除圧固定術15例、椎弓形成術16例および後方除圧固定術17例であった。手術時年齢(平均)は、それぞれ57.7歳、60.3歳、65.0歳であり、術後経過観察期間(平均)は、それぞれ58.6ヵ月、46.0ヵ月、42.0ヵ月であった(表1)。

2. 頸椎OPLL例に対する術式選択

頸椎OPLLによる脊髄症に対して我々は、1968年以降、症例ごとに前方法、後方法を選択し手術治療を行ってきた。術式改良を重ねるにしたがい、前方法、後方法ともに成績が向上したが、1986年から1991年までの調査では、骨化を完全に摘出できる前方法の成績が優れているという結果であった[6]。この結果を踏まえ、我々は1993年以降、手術を希望した頸椎OPLL患者に対して前方法と後方法の両術式の利点、欠点を説明したうえで、原則的に患者の希望を最優先して術式を決定している[6]。

脊髄症のより良い改善を期待して前方法を希望する患者が多い反面、術後の後療法(特にハローベスト装着)に関する負担を避けるために後方法を希望する患者も多かった[6]。

我々は、前方法を希望した頸椎OPLL例に対しては、前方除圧固定術を一貫して行ってきた。一方、K-line(-)型OPLL例で後方法を希望した患者に対しては、当初、椎弓形成術を施行していたが、最近では後方インストゥルメンテーション固定を併用する後方除圧固定術を施行している。

3. 手術術式

1) 前方除圧固定術

椎体開削後、顕微鏡下手術とし、可能なかぎり骨化巣を全摘出する方針としているが、髄液漏、出血などで骨化の摘出が困難な場合は骨化浮上にとどめる。移植骨には自家腓骨または腸骨を用いる。1ないし2椎間固定例では、原則的に全例でプレートを使用している。4椎間固定例ではプレートは使用せず、原則として術後2ヵ月間ハローベスト固定を行っている[1, 4]。

2) 椎弓形成術

施設によって片開き式(伊藤式)、正中縦割式(黒川式)を選択した。原則的にC3-6またはC3-7の椎弓形成を施行した。症例によりC2部分(ドーム状)椎弓切除を追加した。

3) 後方除圧固定術

最大圧迫高位および不安定性のある椎間を固定範囲内に含める除圧固定を施行した。C3からC7の除圧とC2からC7(またはT1)までの固定術を標準術式として施行した。C2およびC7(T1)に椎弓根スクリューを挿入した。その後

C3、C4、C5に外側塊スクリュー挿入の準備を行った。C3からC7の観音開き式の椎弓形成術を行い、除圧完了後、外側塊スクリューを挿入した。術中にアライメント矯正は行わず、in situでロッドを設置・固定した。拡大椎弓の外側に棘突起より採取した自家骨をchipとし骨移植を行った[4]。

4. 検討項目

臨床成績として、術前、術後1年、最終調査時の時点において日整会頸髄症治療判定基準(JOAスコア)を判定し、改善率を平林法で算出した。

統計処理はMann-Whitney U testを用い、危険率5%未満を有意差ありとした。

C. 研究結果

術前JOAスコア(平均)は前方除圧固定術施行例(ASF群)9.5点、椎弓形成術施行例(LMP

群)9.5点および後方除圧固定術施行例(PDF群)7.4点であった(表2)。

術後1年でのJOAスコア(平均)はASF群14.1点、LMP群11.0点およびPDF群11.0点であり、改善率(平均)はASF群65.2%、LMP群20.7%およびPDF群42.3%であった(表2)。PDF群の改善率はASF群に比して有意に劣り、LMP群に比して有意に勝っていた($P<0.05$)。LMP群では2例で術後の悪化を認めた。これに対し、ASF群およびPDF群で術後悪化を生じた例はなかった。

最終調査時のJOAスコア(平均)はASF群14.6点、LMP群10.3点およびPDF群11.5点であり、改善率(平均)はASF群72.0%、LMP群14.5%およびPDF群43.5%であった(表2)。PDF群の改善率はASF群に比して有意に劣り、LMP群に比して有意に勝っていた($P<0.01$)。LMP群では4例で経過観察中に脊髓症が増悪していた。

	前方除圧固定術	椎弓形成術	後方除圧固定術
症例数	15	16	17
性別(男/女)	10/5	12/4	14/3
手術時年齢(歳)	57.7 ± 7.5 (49 ~ 69)	60.3 ± 12.3 (36 ~ 82)	65.0 ± 12.3 (35 ~ 82)
術後経過観察期間(月)	58.6 ± 40.0 (13 ~ 134)	46.0 ± 39.0 (12 ~ 131)	42.0 ± 29.0 (12 ~ 103)

表2 臨床成績				
		前方除圧固定術 [n=15]	椎弓形成術 [n=16]	後方除圧固定術 [n=17]
術前				
	JOAスコア (点)	9.5 ± 3.4 (3.0 ~ 14.0)	9.5 ± 3.1 (5.5 ~ 16.0)	7.4 ± 1.9 (4.5 ~ 9.5)
術後1年				
	JOAスコア (点)	14.1 ± 3.0 (5.0 ~ 17.0)	11.0 ± 3.2 (6.5 ~ 16.0)	11.0 ± 2.9 (4.5 ~ 15.0)
	改善率 (%)	65.2 ± 27.3 (0 ~ 100)	20.7 ± 24.1** (-20.0 ~ 66.7)	42.3 ± 22.7* (0 ~ 77.8)
最終調査時				
	JOAスコア (点)	14.6 ± 2.5 (8.0 ~ 17.0)	10.3 ± 3.9 (4.0 ~ 16.0)	11.5 ± 2.6 (5.5 ~ 15.0)
	改善率 (%)	72.0 ± 24.1 (7.7 ~ 100)	14.5 ± 32.0**** (-40.0 ~ 66.7)	43.5 ± 20.9*** (8.0 ~ 77.8)
* : 前方除圧固定術および椎弓形成術に対しp<0.05				
** : 前方除圧固定術に対しp<0.01				
*** : 前方除圧固定術および椎弓形成術に対しp<0.01				
**** : 前方除圧固定術に対しp<0.01				

D. 考察

K-line は頸椎矢状面アライメントと骨化の大きさの2つを1つのパラメーターとして簡便に評価できる方法である[1]。K-line (-)型頸椎OPLL例においては、その骨化の大きさと後弯位ゆえ、後方法では間接的除圧の獲得・維持は困難なことが多い。椎弓形成術は本邦のみならず世界的に普及している術式であり、多くの頸椎OPLL例、特にK-line(+)は椎弓形成術で対応可能である。しかし、対応できない例が存在することも事実である[4]。今回の結果から、K-line(-)例に対して椎弓形成術を施行しても、良好な脊髄症改善は期待できず、逆に術後の症状悪化のリスクもあると言える。

頸椎OPLLの病態が骨化による前方から脊髄圧迫であることから、骨化巣を摘出し脊髄を完全

に除圧することが可能な前方除圧固定術が理論的には最良の術式である[6]。今回の検討で我々は、K-line(-)例に対する前方除圧固定術の成績について調べた。その結果、前方除圧固定術では、K-line(-)例に対しても良好な術後成績が得られていた。したがって我々は、K-line(-)型の頸椎OPLL例に対しては、椎弓形成術のみの選択は避けるべきであり、前方除圧固定術を第一選択とすべきと考える。

K-line(-)例において、患者が高齢である、術後の後療法（特にハローベスト装着）の負担が大きいなどの理由で前方法が選択できない場合がある。これらの例に対しては、後方除圧に後方インストゥルメンテーション固定を併用する後方除圧固定術の選択肢もある[4]。今回の検討で、K-line(-)型の頸椎OPLL例に対する後方除

圧固定術の術後成績は、前方除圧固定術には及ばないものの、椎弓形成術単独よりも明らかに良好であった。

後方除圧固定術では、脊髄への前方からの圧迫はある程度残存する。しかしながら、成績不良因子である圧迫高位での椎間可動性を knock-out することで良好な成績が得られていると考察する[4]。我々がこれまでに行った画像評価では、後方インストゥルメンテーションの併用により最大圧迫高位における可動性の制御が可能であることが明らかであった[5]。頚椎 OPLL の治療成績に関して、不安定性は神経症状悪化の重要因子であり[7, 8]、最大圧迫高位での不安定性遺残は成績不良の因子であると報告されている[6]。後方除圧固定術では、この局所不安定性を取り除くことで除圧単独と比べ良好な成績が得られるものと推察する。

E. 結論

K-line(-)型後縦靭帯骨化例に対する後方除圧固定術の成績は前方法には及ばないまでも、比較的良好的な成績が得られていた。K-line(-)型後縦靭帯骨化例に対しては、前方除圧固定術を第一選択とするべきであるが、何らかの理由で前方法が選択できない場合は、後方除圧固定術が有効な選択肢になり得る。

参考文献

1. Fujiyoshi T, Yamazaki M, Kawabe J et al: A new concept for making decisions regarding the surgical approach for cervical ossification of the posterior longitudinal ligament: the K-line. Spine. 2008; 33: E990-E993
2. Fujiyoshi T, Yamazaki M, Okawa A et al: Static versus dynamic factors for development of myelopathy in patients with cervical ossification of the posterior longitudinal ligament. J Clin Neurosci. 2010; 17: 320-324
3. 藤由崇之, 山崎正志, 小西宏昭ほか: 頚椎後縦靭帯骨化症 K-line(-)例に対する後方除圧固定術の成績. J Spine Research. 2010; 1: 1791-1796
4. Fujiyoshi T, Yamazaki M, Okawa A et al: Outcome of posterior decompression surgery for cervical OPLL patients of the K-line (-) group: laminoplasty versus posterior decompression with instrumented fusion. J Spine Research. 2011; 2: 231-235
5. 古矢丈雄, 小西宏昭, 奥平毅ほか: 頚椎後縦靭帯骨化症に対する後方除圧術の治療成績 K-line および最大圧迫高位での不安定性に注目して. J Spine Research. 2011; 2: 1791-1796
6. Masaki Y, Yamazaki M, Okawa A et al: An analysis of factors causing poor surgical outcome in patients with cervical myelopathy due to ossification of the posterior longitudinal ligament: anterior decompression with spinal fusion versus laminoplasty. J Spinal Disord Tech. 2007; 20: 7-13
7. Matsunaga S, Kukita M, Hayashi K et al: Pathogenesis of myelopathy in patients

with ossification of the posterior longitudinal ligament. *J Neurosurg.* 2002; 96:168-172

8. Ogawa Y, Chiba K, Matsumoto M et al: Long-term results after expansive open-door laminoplasty for the segmental-type of ossification of the posterior longitudinal ligament of the cervical spine: a comparison with nonsegmental-type lesions. *J Neurosurg Spine.* 2005; 3:198-204

F. 研究発表 論文発表

1. Karasugi T, Nakajima M, Ikari K, Tsuji T, Matsumoto M, Chiba K, Uchida K, Kawaguchi Y, Mizuta H, Ogata N, Iwasaki M, Maeda S, Numasawa T, Abumi K, Kato T, Ozawa H, Taguchi T, Kaito T, Neo M, Yamazaki M, Tadokoro N, Yoshida M, Nakahara S, Endo K, Imagama S, Demura S, Sato K, Seichi A, Ichimura S, Watanabe M, Watanabe K, Nakamura Y, Mori K, Baba H, Toyama Y, Ikegawa S. A genome-wide sib-pair linkage analysis of ossification of the posterior longitudinal ligament of the spine. *J Bone Miner Metab.* 2012 Nov 9. [Epub ahead of print]
2. Kadota R, Koda M, Kawabe J, Hashimoto M, Nishio Y, Mannoji C, Miyashita T, Furuya T, Okawa A, Takahashi K, Yamazaki M. Granulocyte colony-stimulating factor (G-CSF) protects oligodendrocyte and promotes hindlimb functional recovery after spinal cord injury in rats. *PLoS One.* 7(11): e50391, 2012.
3. Kato K, Yamazaki M, Okawa A, Furuya T, Sakuma T, Takahashi H, Kamiya K, Inada T, Takahashi K, Koda M. Intravenous administration of granulocyte colony-stimulating factor for treating neuropathic pain associated with compression myelopathy: a phase I and IIa clinical trial. *Eur Spine J.* 2012 Nov 9. [Epub ahead of print]
4. Koda M, Rokkaku T, Mannoji C, Okamoto Y, Kon T, Murakami M, Furuya T, Yamazaki M. Spontaneous migration of redundant nerve root accompanied with absorption of lumbar disk herniation: A case report. *The Neuroradiology Journal.* (in press)
5. Kimura A, Seichi A, Hoshino Y, Yamazaki M, Mochizuki M, Aiba A, Kato T, Uchida K, Miyamoto K, Nakahara S, Taniguchi S, Neo M, Taguchi T, Endo K, Watanabe M, Takahashi M, Kaito T, Chikuda H, Fujimori T, Ito T, Ono A, Abumi K, Yamada K, Nakagawa Y, Toyama Y. Perioperative complications of anterior cervical decompression with fusion in patients with ossification of the posterior longitudinal ligament: a retrospective, multi-institutional study. *J Orthop Sci.* 17(6): 667-672, 2012.
6. Yamazaki M, Okawa A, Furuya T, Sakuma T, Takahashi H, Kato K, Fujiyoshi T, Mannoji

- C, Takahashi K, Koda M. Anomalous vertebral arteries in the extra- and intraosseous regions of the craniovertebral junction visualized by 3D CT angiography: analysis of 100 consecutive surgical cases and review of the literature. *Spine*. 37(22): E1389-1397, 2012.
7. Miyashita T, Yamazaki M, Okawa A, Yoneda M, Aiba A, Koda M, Takahashi K. Multiple neck operations in a patient with severe motor tics because of Tourette's syndrome: a case report. *J Med Case Rep*. 6(1): 223, 2012.
 8. Yamazaki M, Sakuma T, Kato K, Furuya T, Koda M: Granulocyte colony-stimulating factor reduced neuropathic pain associated with thoracic compression myelopathy: report of 2 cases. *J Spinal Cord Med*. (in press)
 9. Sakuma T, Yamazaki M, Okawa A, Takahashi H, Kato K, Hashimoto M, Hayashi K, Furuya T, Fujiyoshi T, Kawabe J, Mannoji C, Miyashita T, Kadota R, Someya Y, Ikeda O, Yamauchi T, Hashimoto M, Aizawa T, Ono A, Imagama S, Kanemura T, Hanaoka H, Takahashi K, Koda M: Neuroprotective therapy using granulocyte-colony stimulating factor for patients with worsening symptoms of thoracic myelopathy, a multicenter prospective controlled trial. *Spine*. 37(17): 1475-1478, 2012.
 10. Takahashi H, Yamazaki M, Okawa A, Sakuma T, Kato K, Hashimoto M, Hayashi K, Furuya T, Fujiyoshi T, Kawabe J, Yamauchi T, Mannoji C, Miyashita T, Kadota R, Hashimoto M, Ito Y, Takahashi K, Koda M: Neuroprotective therapy using granulocyte colony-stimulating factor for acute spinal cord injury: a phase I/IIa clinical trial. *Eur Spine J*. 21(12): 2580-2587, 2012.
 11. Sakuma T, Yamazaki M, Okawa A, Takahashi H, Kato K, Hashimoto M, Hayashi K, Furuya T, Fujiyoshi T, Kawabe J, Mannoji C, Kadota R, Hashimoto M, Takahashi K, Koda M: Neuroprotective therapy using granulocyte-colony stimulating factor for patients with worsening symptoms of compression myelopathy, part 1: a phase I and IIa clinical trial. *Eur Spine J*. 21(3): 482-489, 2012.
 12. 山崎正志：後縦靱帯骨化症。希少疾患/難病の診断・治療と製品開発，技術情報協会，東京，PP1195-1202，2012。
 13. 相庭温臣，山崎正志，望月真人：前方除圧・固定術。山下敏彦(編)：カラーアトラス脊椎・脊髄の外科。中外医学社，東京，pp184-192，2013。
 14. 加藤啓，山崎正志，大河昭彦，佐久間毅，高橋宏，橋本光宏，林浩一，川辺純子，藤由崇之，古矢丈雄，内山友規，門田領，宮下智大，萬納寺誓人，染谷幸男，鎌田尊人，池田修，橋本将行，井上雅俊，花岡英紀，國府田正雄，高橋和久。脊髄障害性疼痛に

- 対する顆粒球コロニー刺激因子(G-CSF)の
治療効果. 千葉医学 88(1) : 1-9, 2012.
15. 輪湖靖, 高橋宏, 大河昭彦, 橋本光宏, 佐久間毅, 加藤啓, 古矢丈雄, 高橋和久, 山崎正志. 胸椎部の脊柱靱帯骨化症に胸髄硬膜内髄外腫瘍を合併し下肢麻痺を呈した一例. 関東整災誌 43(2) : 119-124, 2012.
 16. 古矢丈雄, 山崎正志. 【日常診察に必要な小児整形外科の知識・先天疾患から外傷まで】脊椎疾患 環軸椎回旋位固定. 整災外 55(5) : 443-449, 2012.
 17. 小西宏明, 奥平毅, 久芳昭一, 吉原智仁, 古矢丈雄, 山崎正志, 藤由崇之. 【後縦靱帯骨化症(OPLL)の治療】頸椎 OPLL の治療 頸椎 OPLL の術式選択. 関節外科 31(5) : 546-551, 2012.
 18. 山崎正志, 望月真人, 大河昭彦, 相庭温臣, 新靱正明, 藤由崇之, 古矢丈雄, 国府田正雄, 高橋和久, 小西宏昭. 頸椎後縦靱帯骨化症に伴う重度脊髄障害に対する前方除圧固定術. 臨整外 47(5) : 403-411, 2012.
 19. 高橋宏, 山崎正志, 大河昭彦, 古矢丈雄, 須田浩太, 伊藤康夫, 植田尊善, 国府田正雄. 急性脊髄損傷に対する顆粒球コロニー刺激因子(G-CSF)を用いた神経保護療法: 多施設前向き比較対照臨床試験. 日脊障医誌 25(1) : 28-29, 2012.
 20. 山崎正志, 佐久間毅, 高橋宏, 加藤啓, 古矢丈雄, 藤由崇之, 大河昭彦, 国府田正雄. 急性脊髄損傷および圧迫性脊髄症急性増悪例に対する G-CSF 神経保護療法: 医師主導型自主臨床試験の成績. 日脊障医誌 25(1) : 30-31, 2012.
 21. 秋元浩二, 山崎正志, 大河昭彦, 古矢丈雄, 佐久間毅, 高橋宏, 加藤啓. 第4腰椎原発の骨巨細胞腫に対し腫瘍脊椎骨全摘術(TES)を執行した一例. 日脊障医誌 25(1) : 82-83, 2012.
 22. 北村充広, 高橋宏, 大河昭彦, 古矢丈雄, 佐久間毅, 加藤啓, 山崎正志. 多発性神経鞘腫を合併した異種多発脊髄腫瘍の一例. 日脊障医誌 25(1) : 88-89, 2012.
 23. 井上雅寛, 加藤啓, 高橋宏, 佐久間毅, 古矢丈雄, 大河昭彦, 山崎正志. 重症アトピー性皮膚炎が感染源と考えられる多発性化膿性脊椎炎の一例. 日脊障医誌 25(1) : 100-101, 2012.
 24. 佐久間毅, 加藤啓, 高橋宏, 古矢丈雄, 大河昭彦, 小野睦, 国府田正雄, 山崎正志. 圧迫性頸髄症急性増悪例に対する G-CSF を用いた神経保護療法: 多施設前向き比較対照試験. 日脊障医誌 25(1) : 102-103, 2012.
 25. 佐久間毅, 加藤啓, 高橋宏, 古矢丈雄, 大河昭彦, 小野睦, 国府田正雄, 山崎正志. 顆粒球コロニー刺激因子を併用した圧迫性胸髄症急性増悪期例の治療成績: 多施設前向き比較対照試験. 日脊障医誌 25(1) : 118-119, 2012.
 26. 古矢丈雄, 大河昭彦, 山崎正志, 佐久間毅, 高橋宏, 加藤啓. 胸腰椎部硬膜外くも膜嚢腫に対する交通孔閉鎖術の治療成績. 日脊障医誌 25(1) : 124-125, 2012.
 27. 高橋宏, 国府田正雄, 古矢丈雄, 佐久間毅, 加藤啓, 大河昭彦, 山崎正志. マウス脊髄損傷モデルに対する G-CSF 動員末梢血幹細胞移植の治療効果. 日脊障医誌 25(1) :

- 146-147, 2012.
28. 加藤啓, 高橋宏, 佐久間毅, 古矢丈雄, 萬納寺誓人, 国府田正雄, 大河昭彦, 山崎正志. 脊髄障害性疼痛に対する G-CSF の効果: 医師主導型自主臨床試験例による解析. 日脊障医誌 25(1): 152-153, 2012.
29. 国府田正雄, 西尾豊, 門田領, 川辺純子, 佐久間毅, 高橋 宏, 加藤 啓, 大河昭彦, 山崎正志: 急性脊髄損傷に対する顆粒球コロニー刺激因子(G-CSF)を用いた神経保護療法. 日整会誌 86(7): 495-498, 2012.
30. 佐久間毅, 山崎正志, 大河昭彦, 古矢丈雄, 高橋宏, 加藤啓, 高橋和久. アテトーゼ型脳性麻痺に伴う頸髄症に対するボツリヌス毒素併用頸椎後方除圧固定術の検討. J Spine Res 3(10): 1356-1359, 2012.
31. 古矢丈雄, 山崎正志, 小西宏昭, 藤由崇之, 大河昭彦, 奥平毅, 山根宏敏, 久芳昭一, 津田圭一, 佐久間毅, 高橋宏, 加藤啓, 高橋和久. K-line(-)型頸椎後縦靭帯骨化症に対する脊柱管拡大術と後方除圧固定術の手術成績. J Spine Res 3(10): 1373-1376, 2012.
32. 高橋宏, 山崎正志, 大河昭彦, 古矢丈雄, 佐久間毅, 加藤啓, 高橋和久. 若年発症で旺盛な骨化進展, 急激な脊髄症増悪を呈する脊柱靭帯骨化症例の検討. J Spine Res 3(10): 1377-1382, 2012.
33. 加藤啓, 山崎正志, 佐久間毅, 高橋宏, 古矢丈雄, 大河昭彦, 高橋和久. 上位胸椎後縦靭帯骨化症に対する後方除圧固定術後に脊髄症が座位にて増悪, 仰臥位にて軽快した1例. J Spine Res 3(10): 1397-1400, 2012.
34. 古矢丈雄, 山崎正志. 【専門医のための疾患・外傷必須診療ガイド】脊椎・脊髄 希少疾患・外傷 先天性頭蓋頸椎移行部奇形環椎頭蓋癒合(症)、頭蓋底陥入(症)、齒突起骨、Klippel-Feil 症候群、Arnold-Chiari 奇形. 関節外科 31(10月増刊): 202-206, 2012.
35. 山崎正志, 国府田正雄, 佐久間毅, 高橋 宏, 加藤 啓, 橋本光宏, 林 浩一, 川辺純子, 藤由崇之, 古矢丈雄, 山内友規, 門田 領, 萬納寺誓人, 宮下智大, 染谷幸男, 鎌田尊人, 池田 修, 橋本将行, 須田浩太, 楫野知道, 上田明希, 伊藤康夫, 植田尊善, 相澤俊峰, 小野 睦, 今釜史郎, 金村徳相, 大河昭彦, 高橋和久: 特集: 脊髄再生研究の臨床応用における課題とその最先端 -基礎から臨床へ- 「急性脊髄損傷および圧迫性脊髄症急性増悪例に対する G-CSF 神経保護療法: 医師主導型自主臨床試験」日整会誌 86(10): 891-896, 2012.
36. Furuya T, Tsyneizumi Y, Ikeda O, Okawa A, Kunishi S, Katsuragi J, Ohta M, Takahashi K, Yamazaki M, Ohi T: Incidental discovery of an intradural extramedullary tumor during imaging studies of a traumatic injury at the same spinal level: a case report. Chiba Med J 88(5): 55-58, 2012.

G. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得
該当なし

2. 実用新案登録
該当なし

3. その他
該当なし