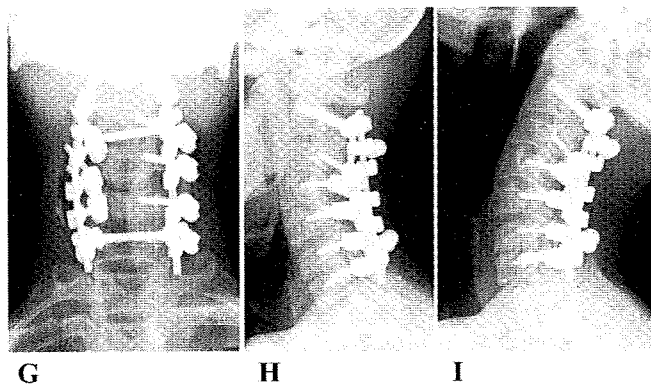


D T2強調MRI正中矢状断像では脊髄の萎縮は軽度であったがC4/5レベルで脊髄内輝度変化を認め(D矢印)、CTミエログラムではC3/4、C4/5各椎間レベルでの脊髄の圧排像を認めた(E、F)。



本症例に対しC3-6の椎弓形成術およびC2-C7の椎弓根スクリュー、外側塊スクリュー、テクミロンテープによるサブミナワイヤリングを用いた後方除圧固定術を施行した(G、H、I)。

考 察

アテトーゼ型脳性麻痺に伴う頸髄症では頸椎症性変化に伴う静的狭窄因子に加え、不随意運動による動的因子が大きく関与する。そのため治療では除圧に加え、動的因子を除去し、進行する後弯を予防するために強固な固定が必要となる。

近年の椎弓根スクリューに代表されるインストゥルメンテーションツールの発達やCT再構築画像による検討・CT画像をもとにした模型作成による手術シミュレーションといった詳細な術前計画により、最近の症例では比較的安全に後方固定術を行えるようになった。また、当科では2004年以降不随意運動の強い症例に対し周術期にボツリヌス毒素の注射療法を神経内科と連携し施行している。

これらの結果、術後ハローベストを用いなくとも比較的安定した固定性が得られるようになった。近年、術後の外固定として頸椎軟性装具を使用した手術療法の治療成績が諸家より報告されている。Onariら⁹⁾、三原ら²⁾は前後合併手術、大久保ら³⁾は後方(除圧)固定術、白澤ら⁶⁾は長範囲後方除圧固定術、那須ら⁴⁾は後方除圧固定術および椎弓形成術の治療成績をそれぞれ報告している。ハローベストはその強固な固定性が有用である半面、数ヶ月の装着を強いることによる患者の肉体的、心理的負担は大きい。当科で経験した症例の中にも患者の強い拒絶によりハローベストの装着継続が困難であった症例が存在した。術後の外固定を簡略化しても同等の成績が得られるようであれば患者側医療側双方の負担は軽減すると考える。

しかしハローベストを短期間しか使用できなかった症例や使用しなかった症例の中にスクリューのlooseningを起こした症例が存在するのも事実である。これは使用したスクリュー径の問題やボツリヌス注射を併用してもコントロールできないような重度の不随意運動を合併していたことが原因として考えられた。

今回の結果からは、不随意運動が小さい症例やボツリヌス療法でコントロール可能な症例では、術後ハローベストを使用しなくとも以前のハローベストを使用していた時期とほぼ同等の成績が得られることが示唆された。今後も引き続き検討を重ね、ハローベスト固定が必要な症例と使用しなくとも良好な成績を得られる症例の鑑別点を探っていく予定である。またAzumaら¹⁾の報告にあるようにアテトーゼ型脳性麻痺に伴う頸髄症では短期成績が良好であっても長期成績が問題となることが多い。今後も詳細な画像所見の検討、成績不良例の検討、長期成績の検討が必要であると考えられる。

最後に、本研究結果に基づいた現在の当科におけるアテトーゼ型脳性麻痺に伴う頸髄症に対する治療方針を示す(図2)。不随意運動に関しては、鎮静なしでMRI撮像可能なものを不随意運動小、鎮静なしではMRI撮像困難なものを不随意運動大と定義した。不安定性に関しては頸椎単純X線前後屈像で任意の椎間のすべり量の変化が3mm未満

のものを不安定性なし、3mm以上あるものを不安定性ありと定義した。不随意運動が小さく、前後屈不安定性のない症例では椎弓形成術を行い術後は頸椎軟性装具を使用している。不安定性を伴う症例では後方除圧固定術を行い術後は頸椎軟性装具としている。不随意運動が強い症例では周術期ボツリヌス療法を併用した後方除圧固定術を行い術後は原則頸椎軟性装具としている。ボツリヌス療法を用いても不随意運動のコントロールが難渋する症例では後方除圧固定術を行い外固定としてハローベストを使用している。なお神経症状が急速に悪化するような症例では状況に応じて術前術後のハローベストによる管理を行っている。

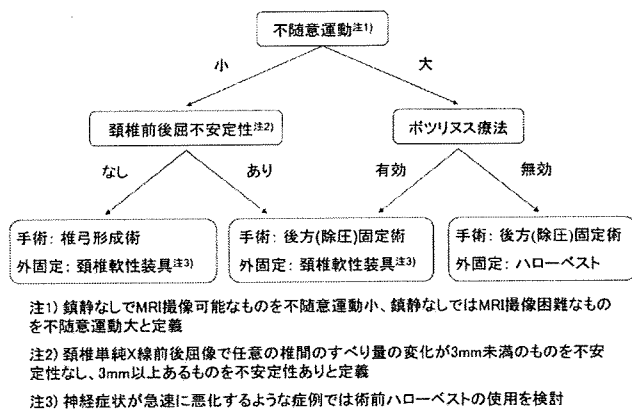


図2 当科におけるアテトーゼ型脳性麻痺に伴う頸髄症に対する治療方針

不随意運動が小さく前後屈不安定性のない症例では椎弓形成術を行い、術後は頸椎軟性装具を使用。不安定性を伴う症例では後方除圧固定術を行い、術後は頸椎軟性装具を使用。不随意運動が強い症例では周術期ボツリヌス療法を併用した後方除圧固定術を行い、術後は原則頸椎軟性装具を使用。ボツリヌス療法を用いても不随意運動のコントロールが難渋する症例では後方除圧固定術を行い外固定としてハローベストを使用。なお、神経症状が急速に悪化するような症例では状況に応じて術前術後のハローベストによる管理を行う。

まとめ

- ・当科におけるアテトーゼ型脳性麻痺に伴う頸髄症に対する治療法・治療成績について、特に術後外固定の違いに着目し検討した。
- ・適応を選べば、術後ハローベストを使用しなくとも比較的良好な成績が得られる可能性が示唆された。

(謝辞 本研究に御協力いただいた藤由崇之、川辺純子、遠藤友規、林浩一先生および千葉大学整形外科教室頸椎脊髄診療班の諸先生に深謝する。)

文献

- 1) Azuma S, Seichi A, Ohnishi I, et al: Long-term results of operative treatment for cervical spondylotic myelopathy in patients with athetoid cerebral palsy. Spine 27: 943-948, 2002
- 2) 三原久範, 近藤総一, 河野心範ほか: アテトーゼ型脳性麻痺に伴う頸椎症性脊髄症に対する手術療法の再手術例についての検討. 臨整外43: 465-472, 2008
- 3) 那須涉, 川原範夫, 村上英樹ほか: アテトーゼ型脳性麻痺に伴う頸髄症に対する後方除圧固定術の治療成績. 中部整災誌50: 129-130, 2007
- 4) 大久保直規, 長谷齊, 小倉卓ほか: アテトーゼ型脳性麻痺に伴い後弯変形を生じた頸髄症の治療経験. 中部整災誌46: 11-12, 2003
- 5) Onari K, Kondo S, Mihara H, et al: Combined anterior-posterior fusion for cervical spondylotic myelopathy in patients with athetoid cerebral palsy. J Neurosurg (Spine 1) 97: 13-19, 2002
- 6) 白澤建蔵, 今澤良精, 芝啓一郎ほか: アテトーゼ型脳性麻痺に合併する頸髄症に対する椎弓根スクリューを用いた頸椎後方再建術の長期成績. 臨整外41: 461-466, 2006

Summary

In the present study, we analyzed 17 patients who underwent surgical treatment for cervical myelopathy associated with athetoid cerebral palsy. We evaluated their neurological status before surgery and at the final follow-up using the JOA score system. From January 1995 through June 2004, 11 patients were treated with laminoplasty and/or posterior instrumented fusion. Post-operatively, external fixation was performed with halo-vest for all the 11 patients. From July 2004, 6 patients were treated with laminoplasty and/or posterior instrumented fusion without halo-vest fixation. The average JOA score was 7.0 points before surgery, and 9.2 points at the final follow-up. The mean recovery rate was 25.7%. In patients treated with halo-vest, their mean recovery rate was 27.9%. In patients treated without halo-vest, it was 21.6%. In recent years, there has been a rapid progress of instrumentation surgery at cervical spine, detailed diagnostic imaging such as reconstruction CT and control of neck involuntary movement with the injection of botulinum toxin. We suggest that such progress has enabled us to perform adequate surgical treatment for patients with athetoid cerebral palsy even if we do not use halo-vest.

頸椎後縦靱帯骨化症に対する頸椎後方除圧固定術の有用性 —無症候例から見た解析—

*Effectiveness of the posterior decompression with instrumented fusion for cervical myelopathy due to OPLL:
an analysis for asymptomatic OPLL patients*

藤由崇之、山崎正志、大河昭彦、川辺純子、古矢丈雄、高橋和久

key words

頸椎後縦靱帯骨化症 (cervical ossification of the posterior longitudinal ligament)
無症候性 (asymptomatic)
後方除圧固定術 (posterior decompression with instrumented fusion)

要旨：頸椎後方除圧固定術による症状改善の根拠について、頸椎後縦靱帯骨化を有する無症候例から検討した。2000年以降、頸椎X線にて偶然OPLLが発見され、当院を紹介受診し脊髄症状を伴わなかった症例32例(男13例、女19例)を対象とした。評価は単純X線およびT2強調MRI像にて行った。骨化形態は連続型が有意に多く存在した。骨化占拠率は平均42%であり、分節型が有意に小さかった。最大圧迫高位での前後屈椎間可動域は平均3.5度であり、連続型が分節型よりも有意に小さかった。MRI像での脊髄内輝度変化を呈した症例は1例もみとめなかった。本研究において頸椎OPLLにおける脊髄障害の病態は、最大圧迫高位での椎間可動性が大きく関与していることが示唆された。脊髄障害の進行を防ぐという目的にて局所不安定性を制御することは、脊髄障害を増悪する一つの因子をノックアウトでき、固定術は脊髄障害の病態に即した有効な治療法であると思われた。

はじめに

頸椎後縦靱帯骨化症(頸椎OPLL)の外科治療法は、前方法と後方法に大別される。これまでに、前方法と後方法の術後成績を比較検討した論文が散見される^{4, 5, 6, 12)}が、両者の術後成績に大きな差はないとの報告が多い。しかし、個々の症例ごとに両者の適応を慎重に選択しなければ、個々の症例における手術成績は、必ずしも満足が得られない。解剖学的な見地からは、OPLLにより脊髄が前方から圧迫されている病態であれば、骨化を直接的に前方から切除し脊髄の除圧を図る前方法が優れているものと考えられる。しかし、長範囲にわたってOPLLによる脊髄圧迫が存在する場合、発育性脊柱管狭窄が存在する場合、頸部前方法の術後および高齢者などでは、実際に前方法を選択するのはしばしば困難である。一方、後方法の標

準的な術式である頸椎椎弓形成術³⁾は、脊髄を後方にシフトすること¹⁰⁾により間接的な除圧を図る方法である。適応さえ選べば、前方法に引けをとらない改善が期待できる手術法である。

当院の頸椎OPLLに対する術式選択に関しては、原則として、固定椎間範囲によらず前方除圧固定術を第一選択としている。3椎間以上の除圧固定では、腓骨を移植骨として用い術後のハローベスト装着を行っている。しかし、近年は長期間のハローベスト装着を受け入れる患者は少なく、後方法を選択する例が圧倒的に多くなっているのが現状である。

我々は、1994年から2004年までの10年間に頸椎椎弓形成術を施行した頸椎OPLL患者40名を解析した。改善率40%未満を成績不良例とし、これらの成績不良因子を検討したところ「脊髄最大圧迫

高位における局所椎間不安定性」の存在を報告した⁶⁾。それ以降、局所椎間不安定性のある症例に対しては、椎弓根または外側塊スクリューを併用した後方固定術を追加し、現在までのところ良好な成績が得られている。

今回は、頸椎OPLLにおける脊髄障害の病態を無症候例から検討し、頸椎後方除圧固定術の有効性を考察することである。

対象および方法

2000年4月から2008年5月までの期間に当科を受診し、1年以上外来での経過観察が可能であった無症候性の頸椎OPLL患者32名を対象とした。対象とした患者は脊髄症状を一切有さず、交通事故・肩こり・睡眠時無呼吸症候群の検査で頸椎単純X線撮影を受けた際に、OPLLが偶然発見された。これらの症例に対して、経過観察期間、性別、年齢、X線所見およびMRI所見を検討した。単純X線では頸椎側面中間位像にてOPLLの骨化形態、骨化占拠率、頸椎アライメントを評価し、頸椎側面前後屈像にて最大圧迫高位での椎間可動域を評価した⁹⁾。また、MRIではT2強調矢状断像にて脊髄内の高輝度変化の有無を評価した。検定は、Mann-Whitney U検定を用い、有意水準5%未満を有意差ありとした。

結果

平均観察期間は5年3か月であり、性別は男性13例、女性19例、平均年齢は63.5歳であった。骨化形態は、連続型66% (21例)、混合型25% (8例)、分節型9% (3例) であり、連続型が多く存在した。骨化占拠率は平均40.4%であり、骨化形態別にみると連続型43%、混合型40%、分節型28%であり、分節型は有意に骨化占拠率が小さかった($p<0.05$)。このうち、連続型のみ骨化占拠率50%を超える症例が3例存在した。頸椎アライメントは前弯型60% (19例)、直線型31% (10例)、後弯型9% (3例) であり、前弯型・直線型が約90%を占めていた。最大圧迫高位での椎間可動域は平均3.5度であった。骨化形態別にみると連続型2.2度、混合型4.6度、分節型9.7度であり連続型は混合型および分節型よりも有意に最大圧迫高位での椎間可動域

が小さかった($p<0.05$) (表1)。MRI評価は無症候のため全例撮影することはできず、撮影できたのは32名中18名であった。T2強調矢状断像での脊髄内高輝度変化を呈した症例は1例も存在しなかった。

表1

	連続型	混合型	分節型
症例数	21 (66%)	8 (25%)	3 (9%)
骨化占拠率 (%)	42.5±10.1 (25-64)	39.5±7.0 (29-50)	27.7±3.3* (25-31)
最大圧迫高位での 椎間可動域 (°)	2.2±2.9 (0-9)	4.6±2.8* (1-10)	9.7±4.5* (5-14)

値は、平均値±標準偏差値で表し、カッコ内は範囲値を示す。
*連続型と比較し、有意差をみとめた ($p<0.05$)。

考察

頸椎OPLLの脊髄障害増悪因子は静的要素と動的要素に大別され、現在まで多数の報告がある^{6, 9)}。静的要素としてMatsunagaら⁷⁾は、247名OPLL患者を解析し、残余脊柱管径が6mm未満の21例は全例脊髄症状を呈していたと報告した。さらに骨化占拠率60%以上では脊髄症状発症のリスクが高いと報告し⁸⁾、また、骨化パターンについては、山型の靭帯骨化は局所脊髄圧迫を有して成績不良であると報告した⁵⁾。Sudaら¹⁰⁾は椎弓形成術における術前局所後弯例すなわち頸椎アライメント不良例では、椎弓形成術の成績が不良であることを述べている。また、著者ら²⁾はK-line (第2頸椎と第7頸椎脊柱管中点を結んだ線) を提唱し、K-line (-) 例 (頸椎OPLLがK-lineを超える例) では、頸椎椎弓形成術後の脊髄除圧に限界があることを術中エコーにて証明した。

動的要素として、椎間可動性や頸椎全可動域についての解析が報告されている。Matsunagaらは、最小残余脊柱管径6mm以上14mm未満の症例における頸椎全可動域と脊髄症状有無の関係を調べたところ、脊髄症状を認める群の全可動域は脊髄症状を認めない群より有意に大きかったと報告した⁷⁾。また、Matsunagaらは別の解析で、連続した靭帯骨化途絶部での動きが、術後成績に関与すること

を報告した⁵⁾。我々も、脊髄最大圧迫高位で椎間不安定性をもつ症例は、椎弓形成術後の術後成績が不良であることを報告した⁶⁾。

本研究において、骨化占拠率50%を超える無症候例が32例中3例(9.4%)存在した。その特徴として骨化形態は全例が連続型であり、頸椎アライメントは前弯型1例、直線型2例であり後弯を呈する症例は認めなかった。最大圧迫高位での椎間可動域はそれぞれ3度、1度、0度であり平均1.3度と椎間可動性は極めて小さかった。すなわち、動的要素が小さければ、静的要素単独による脊髄障害発症のリスクは低く、動的要素が脊髄症発症に大きく関与していることが考えられた。つまり、ある程度の静的要素が存在した上で動的要素が加味された場合に発症すると考えられる。

本研究の結果から、頸椎椎弓形成術に後方固定術を追加する術式は、脊髄障害の発症・増悪に関わる重要な因子である動的要素をロックアウトできる理にかなった術式であると考察できた。また、頸椎アライメント後弯例に対して、インプラントを使用することによりアライメントの矯正も可能であり、静的要素の解除の効果も併せ持つと考えられる。しかし、この効果に関しては、頸椎アライメント矯正による神経根障害の発生の報告¹⁾もあるため、矯正時の椎間孔狭窄に十分な注意が必要である。

結 論

頸椎OPLL無症候例の解析から、動的要素がより大きく脊髄障害の発症・増悪に関与していることが明らかとなった。後方除圧固定術は、動的要素をロックアウトすることにより脊髄障害を軽減させる、理にかなった術式である。

文 献

- 1) Chen Y, Guo Y, Chen D, et al: Long-term outcome of laminectomy and instrumented fusion for cervical ossification of the posterior longitudinal ligament. *Int Orthop*, 7: Epub ahead of print, 2008
- 2) 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*, 33: E990-E993, 2008

- 3) Itoh T, Tsuji H: Technical improvements and results of laminoplasty for decompressive myelopathy in the cervical spine. *Spine*, 10: 729-36, 1985
- 4) Iwasaki M, Okuda S, Miyauchi A, et al: Surgical strategy for cervical myelopathy due to ossification of the posterior longitudinal ligament: Part 1: Clinical results and limitations of laminoplasty. *Spine*, 32: 647-53, 2007
- 5) Iwasaki M, Okuda S, Miyauchi A, et al: Surgical strategy for cervical myelopathy due to ossification of the posterior longitudinal ligament: Part 2: Advantages of anterior decompression and fusion over laminoplasty. *Spine*, 32: 654-60, 2007
- 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*. 20: 7-13, 2007
- 7) Matsunaga S, Kukita M, Hayashi K, et al: Pathogenesis of myelopathy in patients with ossification of the posterior longitudinal ligament. *J Neurosurg*, 96: 168-72, 2002
- 8) Matsunaga S, Sakou T, Hayashi K, et al: Trauma-induced myelopathy in patients with ossification of the posterior longitudinal ligament. *J Neurosurg*. 97: 172-75, 2002
- 9) Ono K, Ota H, Tada K, et al: Ossified posterior longitudinal ligament: a clinicopathological study. *Spine*, 2: 126-38, 1997
- 10) Sodeyama T, Goto S, Mochizuki M, et al: Effect of decompression enlargement laminoplasty for posterior shifting of the spinal cord. *Spine*, 24: 1527-32, 1999
- 11) Suda K, Abumi K, Ito M, et al: local kyphosis reduces surgical outcomes of expansive open-door

laminoplasty for cervical spondylotic myelopathy.
Spine, 15: 1258-62, 2003

- 12) Tani T, Ushida T, Ishida K, et al: Relative anterior microsurgical decompression versus laminoplasty for cervical myelopathy with a massive ossified posterior longitudinal ligament. Spine, 26: 1890-4, 2002

Summary

Object: The purpose of this study is to analyze the contribution of static and dynamic factors for the development of myelopathy in cervical OPLL patients.

Methods: Cervical OPLL was accidentally discovered on radiographs in 32 patients who had no clinical symptom of myelopathy. We investigated the findings in radiographs and MRI.

Results: Twenty-one patients were classified as continuous type OPLL, 8 mixed type OPLL, and 3 segmental type OPLL. The mean OPLL occupation ratio of patients with continuous type OPLL was larger than that of patients with segmental type OPLL ($p<0.05$). The mean segmental ROM of patients with continuous type OPLL was smaller than that of patients with mixed type or segmental type OPLL ($p<0.05$).

Conclusions: The present results demonstrate that, even if patients have massive OPLL, myelopathy may hardly develop when the mobility of their cervical spine is highly restricted. By controlling the dynamic factors, we will be able to knock out the key factor for the neurological deterioration in cervical OPLL patients. When we perform laminoplasty for cervical OPLL patients who have massive OPLL and spinal hypermobility, addition of posterior instrumented fusion is desirable to stabilize the spine and decrease the damage to the cord.

上位頸椎損傷の治療

— 歯突起骨折を中心に —

山崎 正志*

要旨：軸椎歯突起骨折に対する治療の最近の動向について、筆者の経験を交えて解説した。1980年代に歯突起前方スクリュー固定が普及して以降、II型歯突起骨折の新鮮例に対しては前方スクリュー固定が第一選択とされ、偽関節、陳旧例、整復不能な新鮮例に限ってC1-C2後方固定の適応とされてきた。近年の頸椎後方インストゥルメンテーション手術の進歩は目覚ましいものがあり、2000年代に入って普及しつつあるC1外側塊スクリューを用いたC1-C2後方固定術では、強固な固定が比較的低侵襲で獲得可能となった。これに伴い、従来は前方スクリュー固定の適応とされてきた整復可能な新鮮骨折例でも、頸椎装具の装着が困難な例や早期に社会生活に復帰したい例では、C1-C2後方固定が選択肢に入るようになった。

はじめに

上位頸椎損傷には、環椎後頭関節脱臼、環椎骨折（Jefferson骨折を含む）、横靭帯断裂に伴う環軸関節亜脱臼、軸椎歯突起骨折、軸椎椎体骨折、軸椎関節突起間骨折（ハングマン骨折を含む）などが属する¹⁾²⁾。これらの中で、発生頻度が高く、さらに、治療法について諸家の意見が異なり、議論の余地が多いのが歯突起骨折である²⁾³⁾。

II型歯突起骨折に対する手術としては、McGraw法やBrooks法などのワイヤーをアンカーとするC1-C2後方固定術が従来から行われてきた。しかし、固定力が不十分なことから、術後の再脱臼をしばしば生じた。また、通常はハ

ローベストのような強固な外固定の併用が必要であった²⁾。

1980年に中西らによって報告された歯突起前方スクリュー固定法は、骨折部の安定性の獲得、外固定の簡略化、術後の頸椎可動域制限が少ないなどの利点を有し、本邦のみならず海外においても歯突起骨折に対する手術治療の主流になった³⁾⁴⁾。

一方、1990年代に入ってから頸椎後方インストゥルメンテーション手術の進歩は著しく、強固な環軸椎後方固定が可能なC1-C2関節貫通スクリュー（Magerlスクリュー）が広く普及した⁵⁾。さらに、椎骨動脈に対するリスクがMagerl法に比して高くないとされ、スクリュー刺入後でもC1-C2アライメントの矯正が可能である、という利点を有するC1外側塊スクリューも、2000年代に入って急速に普及しつつある^{5)~7)}。これらの新たな手技の導入により、歯突起骨折に対する手術の適応も変化しつつある。

本稿では、歯突起骨折をはじめとする上位頸椎

* Masashi YAMAZAKI, 千葉大学大学院医学研究院, 整形外科

Treatment for spinal injury at the upper cervical spine, with special reference to the dens fracture

Key words : Spinal injury, Upper cervical spine, Dens fracture

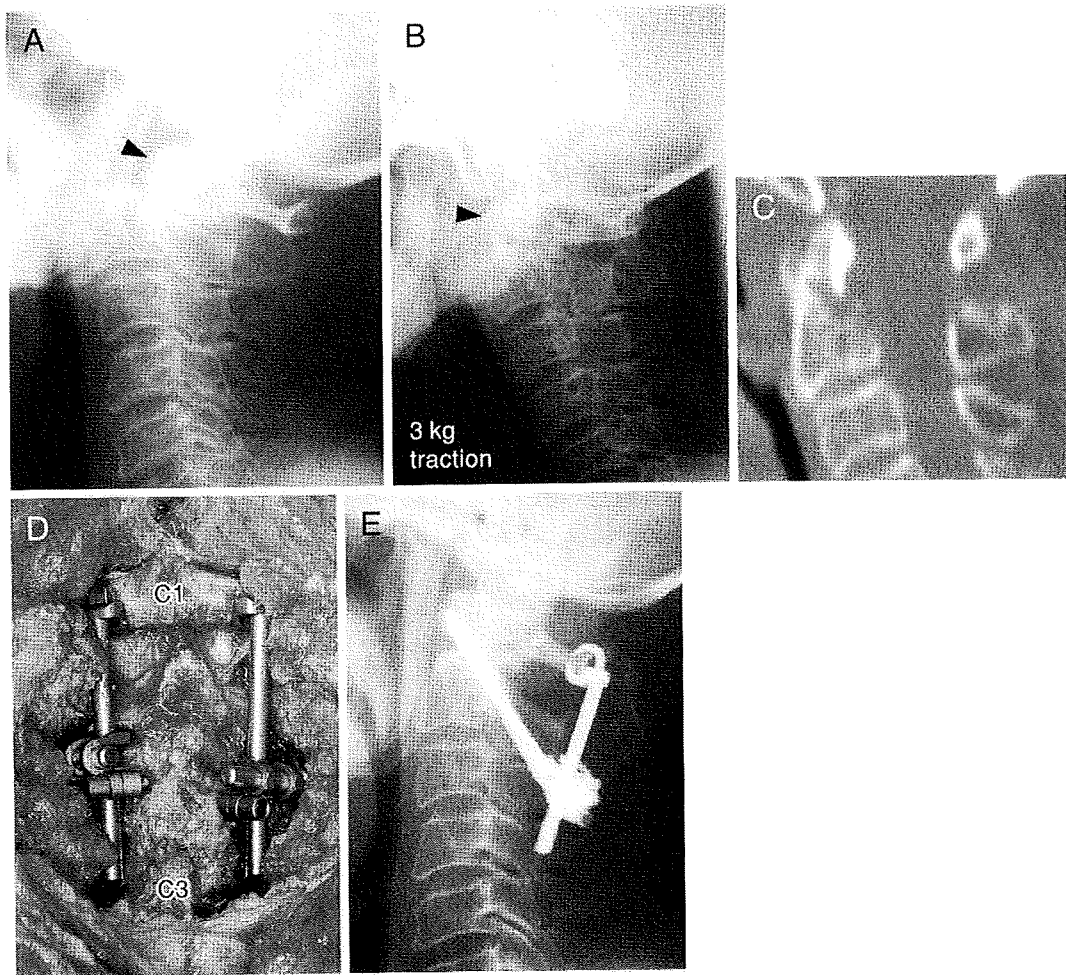


図 1 齒突起骨折整復後の呼吸障害発生例

後方転位が著しい80歳代男性の齒突起骨折例 (A)。ハローリングを装着し、頸部を軽度屈曲位として3 kgで牽引した。骨折部の整復は得られたが (B・C)、直後に呼吸障害が発生した。本例に対しては、Magerl スクリュー+Atlas claw のシステムでC1-C2 後方固定を行った (D・E)。矢頭 (A・B) : C1 前弓前縁。

外傷に対する治療の最近の動向について、筆者の経験を交えて解説したい。

I. 受傷直後のマネージメント

1. 齒突起骨折の整復に伴う合併症

齒突起骨折で転位の著しい例、特に脊髄障害が出現している例では、骨折部の整復が必要である。通常は、頭蓋直達牽引で整復が行われる。この操作で特に注意を要するのは、後方転位型の高齢者の齒突起骨折例である。頸部を軽度屈曲位として牽引することで、通常は骨折部の整復が得られるが、整復直後にしばしば呼吸障害 (気道トラブル)

が発生する (図1)。

Harropら⁸⁾の報告では、後方転位型の齒突起骨折例32例に直達牽引による整復操作を行ったところ13例(40%)に呼吸障害が発生し、うち9例では気管内挿管あるいは気管切開による気道管理が必要であった。呼吸障害の要因としては、外傷による後喉頭部の腫脹に加え、頸部屈曲位をとることで閉塞型の呼吸障害が発生した可能性が指摘されている。したがって、後方転位型の齒突起骨折を整復する際には、気道管理に関する事前の準備が必須である。

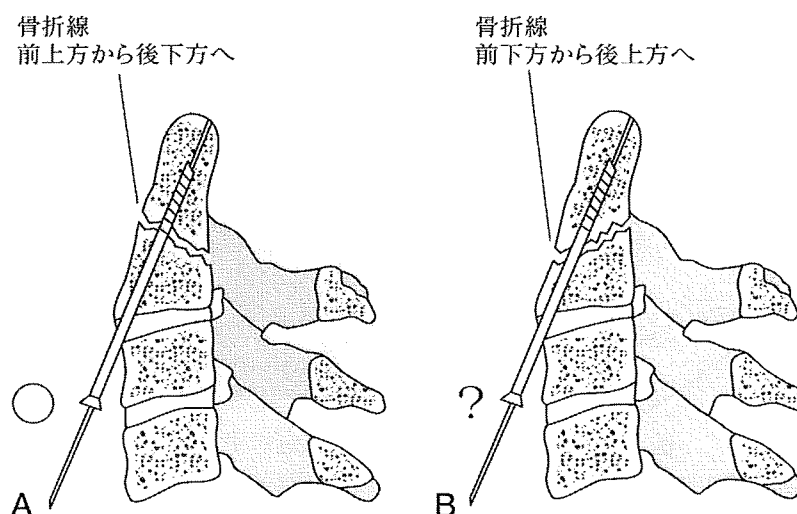


図 2 II型歯突起骨折の細分類と前方スクリュー固定の適応
骨折線が前上方から後下方へ向かう斜骨折例 (A) は、前方スクリュー固定の良い適応である。逆に、前下方から後上方へ向かう斜骨折例 (B) に対しての前方スクリュー固定の効果は疑問であり、C1-C2 後方固定の選択が望ましい¹⁰⁾¹¹⁾。

2. ハローベスト固定の合併症と保存治療の限界

II型歯突起骨折の整復保持には、ハローベスト固定がしばしば用いられている。しかし、高齢者、特に80歳以上の患者に長期間のハローベスト固定を行った場合、気道トラブルをはじめとする合併症の発生頻度が高いとされている⁹⁾¹⁰⁾。拘禁症状の出現、せん妄、認知症進行の問題もあり、筆者も、高齢者に対するハローベスト固定は、術前の短期間装着を例外として極力避けるようにしている。

高齢者のII型歯突起骨折に対する治療についての米国における多施設調査によれば、1980年代および90年代は保存療法が治療の主流であったのに対し、2000年代に入ると手術治療が優位となり、特に最近では手術を選択する施設が急速に増加しつつある⁹⁾。筆者の施設でも、最近では長期間のハローベスト固定を希望する患者はほとんどなく、大部分の例で手術治療が選択されている。

II. 歯突起骨折に対する前方スクリュー固定

1. 手術選択のための歯突起骨折の細分類

これまでの成書では、Anderson分類をもとに

歯突起骨折の治療方針を決定してきた。すなわち、I型（先端剝離骨折）、II型（基部骨折）、III型（椎体上部骨折）の3型に分類し、I型および転位の少ない新鮮なIII型は保存療法の適応とした。II型および転位の大きいIII型は、直達牽引やハローベストで整復した後に手術治療の適応とし、前方スクリュー固定が第一選択とした。これに対し、偽関節、陳旧例、整復不能な新鮮例に限ってC1-C2後方固定術の適応とした²⁾³⁾。

2004年GrauerらはII型を細分類し¹⁰⁾¹¹⁾、骨折線が前上方から後下方へ向かう斜骨折例は、前方スクリュー固定の良い適応とした。逆に、前下方から後上方へ向かう斜骨折例に対しての前方スクリュー固定の効果は疑問であり、C1-C2後方固定の選択が望ましいとした（図2）。

2. 前方スクリュー固定の実際

基本的な手技については、成書を参考にされたい³⁾。ここでは、筆者が特に注意している事項に限定して述べる。

1) 手術体位と皮切

包帯を噛ませて開口位を保持する。消毒鉗子などの棒状の金属を用いて、側方透視下での前方スクリュー刺入の方向をシミュレーションする（図

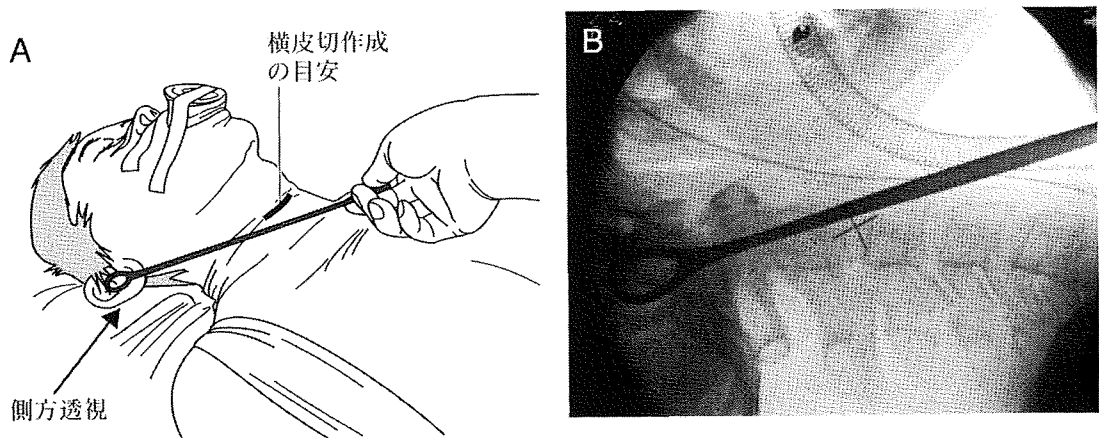


図 3 歯突起前方スクリュー固定の手術体位

包帯を嚙ませて開口位を保持する。消毒鉗子などの棒状の金属を用いて、側方透視下での前方スクリュー刺入の方向をシミュレーションする。このシミュレーションは皮切高位を決める上でも役立つ。

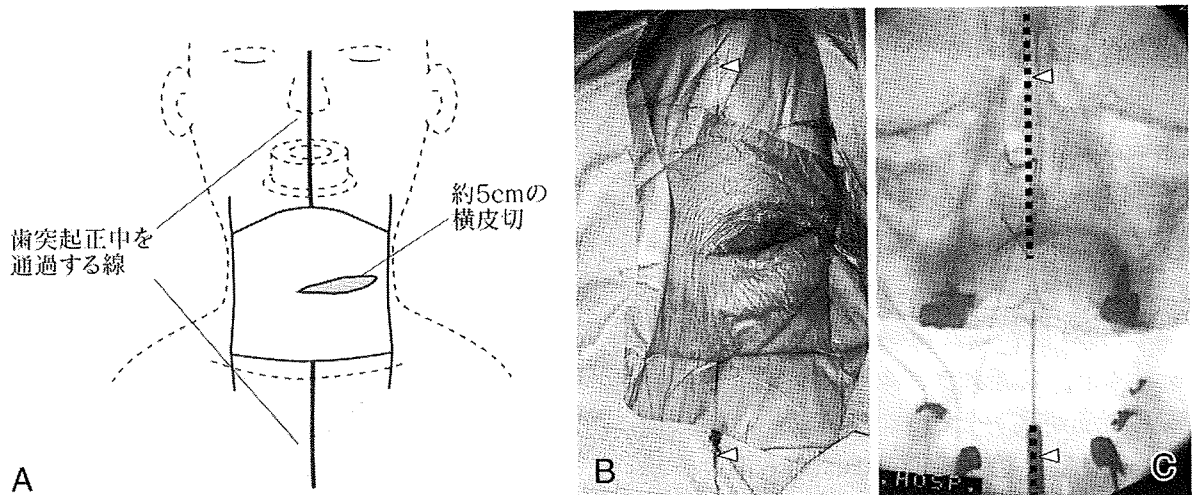


図 4 正側面透視を効率的に行うための工夫

ドレーピングを行った後、正面透視下に歯突起正中を通過する方向を同定し、線としてドレープ上に書き入れる (B・C: 矢頭)。側面透視下の操作時には、この線を歯突起の正中方向の目安として使用できる。

3)。通常は、頸部を後屈位にしないと胸郭の頭側部（胸骨付近）がスクリュー刺入の妨げとなる。このシミュレーションは皮切高位を決める上でも役立つ。通常では、皮切は C5-C6 椎体高位（甲状軟骨の下縁付近）の横切開とする。本術式は横切開で十分に施行可能である。縦切開では、術後に創の癒痕形成が目立つ。進入路は右、左のどちらでも可能である。

2) 正側面透視を効率よく行う工夫

正側面の 2 方向の透視を頻回にチェックしながらスクリューを刺入する。このため、頻回に C アームを操作する必要があるが、術野の清潔度を保つために、極力 C アームの操作の回数を減らしたい。筆者は、ドレーピングを行った後、正面透視下に歯突起正中を通過する方向を同定し、線としてドレープ上に書き入れている (図 4)。側面透視下の操作時には、この線を歯突起の正中方向の

目安として使用できる。

3) 適切なスクリュー刺入

C3 椎体前方に骨棘が存在する例では、C2 椎体のスクリュー刺入孔が前方に寄ってしまい、C2 椎体基部ではスクリューが前方ぎりぎりを通ることになる。これでは、C2 椎体基部でのスクリューの固定力に不安が残る。筆者は、C3 椎体前上縁の正中にエアードリルで notch を作成することにより、ガイドピンが C2/3 椎間板を確実に通過するように工夫している。これにより、C2 前下縁に適切な刺入孔を作成することが可能となる (図 5)。

スクリューが歯突起先端の皮質骨に噛み込むことにより、固定力が増す (図 5)。スクリュー長が短くならないように、注意すべきである。

3. 後療法

成書では、骨癒合が得られるまで頚椎装具を装着させるとある³⁾。筆者も、スクリューの固定性に応じて、フィラデルフィアカラーあるいはポリネックカラーを術後約 3 カ月間装着するよう指導している。

Ⅲ. 歯突起骨折に対する C1-C2 後方固定

Magerl スクリューを用いた C1-C2 後方固定術と C1 外側塊スクリューを用いた C1-C2 後方固定術の 2 つの術式が主である。基本的な手技については、それぞれの成書を参考にされたい⁵⁾⁶⁾⁸⁾。ここでは、筆者が特に注意している事項に限定して述べる。

1. Magerl スクリューを用いた C1-C2 後方固定

筆者は、Magerl スクリュー + Atlas claw のシステムを好んで用いてきた (図 1)。Brooks 法を併用すると、C1 後弓の全周を剝離する必要があり、さらに、ワイヤーを椎弓下に通す際のリスクも伴う。Atlas claw のシステムでは、C1 後弓腹側を剝離する必要がない。さらに、Magerl スクリューと直接連結することで、強固な固定力が得られるなどの利点がある⁵⁾。

Magerl スクリューの刺入点は C2 下関節突起の尾側端付近になる。したがって、C2-C3 間まで

展開する必要があり、C2 尾側に付着する筋群の切離も避けられない (図 1)。この展開操作に関連して、術後に意図しない C2-C3 間の骨癒合が生じてしまうことがある。

High-riding VA 例に対して、無造作に Magerl スクリューを刺入すると、椎骨動脈損傷の危険が高くなる。術前に 3D-CT angiography の画像にて、椎骨動脈の骨内・骨外走行を評価しておくことが大切である¹²⁾。Magerl スクリューの刺入は、C2 椎弓根の内側ぎりぎりを目指し、側面透視で C2 椎弓根最狭部のなるべく背側を通過するようにして刺入するのが望ましい⁵⁾。

2. C1 外側塊スクリューを用いた C1-C2 後方固定

スクリュー刺入後でも C1-C2 アライメントの矯正が可能であるという点が Magerl 法にない利点である。さらに、C2-C3 間を展開する必要がなく、C2 尾側に付着する筋群を温存可能なため、Magerl 法に比して低侵襲で手術が可能である⁵⁾。筆者は、最近では本法を選択する機会が増えている (図 6~図 8)。

High-riding VA 例では、C2 椎弓根スクリュー刺入に際しての椎骨動脈損傷の危険が Magerl 法と同等に高いとの報告がある⁵⁾¹³⁾。しかし、刺入点を C2 椎弓上縁の高位とし、内方に向けて刺入することで、high-riding VA が存在しても、ほとんどの例で C2 椎弓根スクリューの刺入は可能である⁵⁾。刺入に迷う例では、三次元実体模型を作成してシミュレーションを行い、刺入の可否を決定する¹⁴⁾。C2 椎弓根スクリュー刺入が危険と判断した例では、椎弓スクリューを代わって刺入する (図 6)。

3. C1 外側塊スクリュー刺入の工夫と注意点

C1 外側塊スクリューの刺入方法には、C1 後弓尾側基部・外側塊背面から刺入する Goel/Harms 法と、C1 後弓経由でスクリューを刺入する Tan 法がある^{5)~7)}。Tan 法では、後弓の硬い皮質骨を噛み込んでスクリューが刺入されるため、固定力は強固である。反面、後弓が薄い例に対して Tan 法を無理に行うと、後弓に骨折が生じる危険がある。筆者は、できるだけ Tan 法を選択したいと

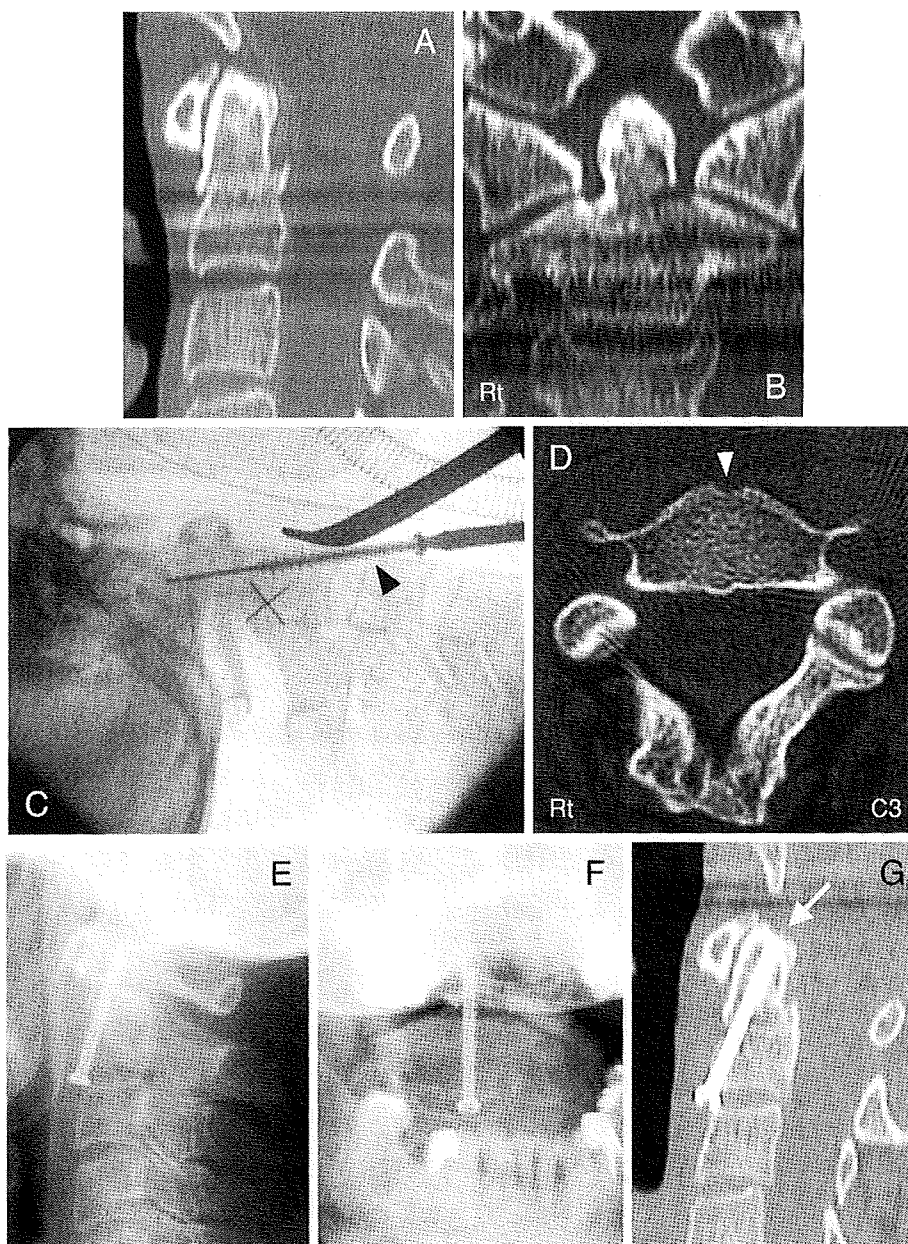


図 5 前方スクリー固定を施行した歯突起骨折例

60 歳代女性の新鮮歯突起骨折例。分類はⅡ型の横骨折 (A・B)。C3 椎体前上縁の正中にエアードリルで notch を作成することにより (C・D: 矢頭), C2/3 椎間板を一部通過して, C2 前下縁に適切な刺入孔が作成できた。スクリーが歯突起先端の皮質骨に噛み込むことにより, 固定力が増す (G: 矢印)。

考えているが, 大部分の例で後弓の厚みが足りず, Goel/Harms 法を選択せざるを得ないのが現状である (図 6~図 8)。

Goel/Harms 法では, スクリュー経路が短く, 経路に海綿骨領域が多く含まれるため固定力に劣る。特に骨粗鬆症の著しい例では, 注意を要する。したがって, スクリューは前方の骨皮質を貫通す

るのが望ましい (図 6~図 8)。しかし, スクリューによる内頸動脈損傷の報告もあり, 術前の主要血管の走行の把握は必須である⁵⁷⁾。

筆者は最近, C1 後弓尾側にエアードリルで notch を作成し, C1 後弓の尾側の約半分を開削して Goel/Harms 法を行っている (図 8)。Notch を作成することにより固定力が増し, 展開時の静脈

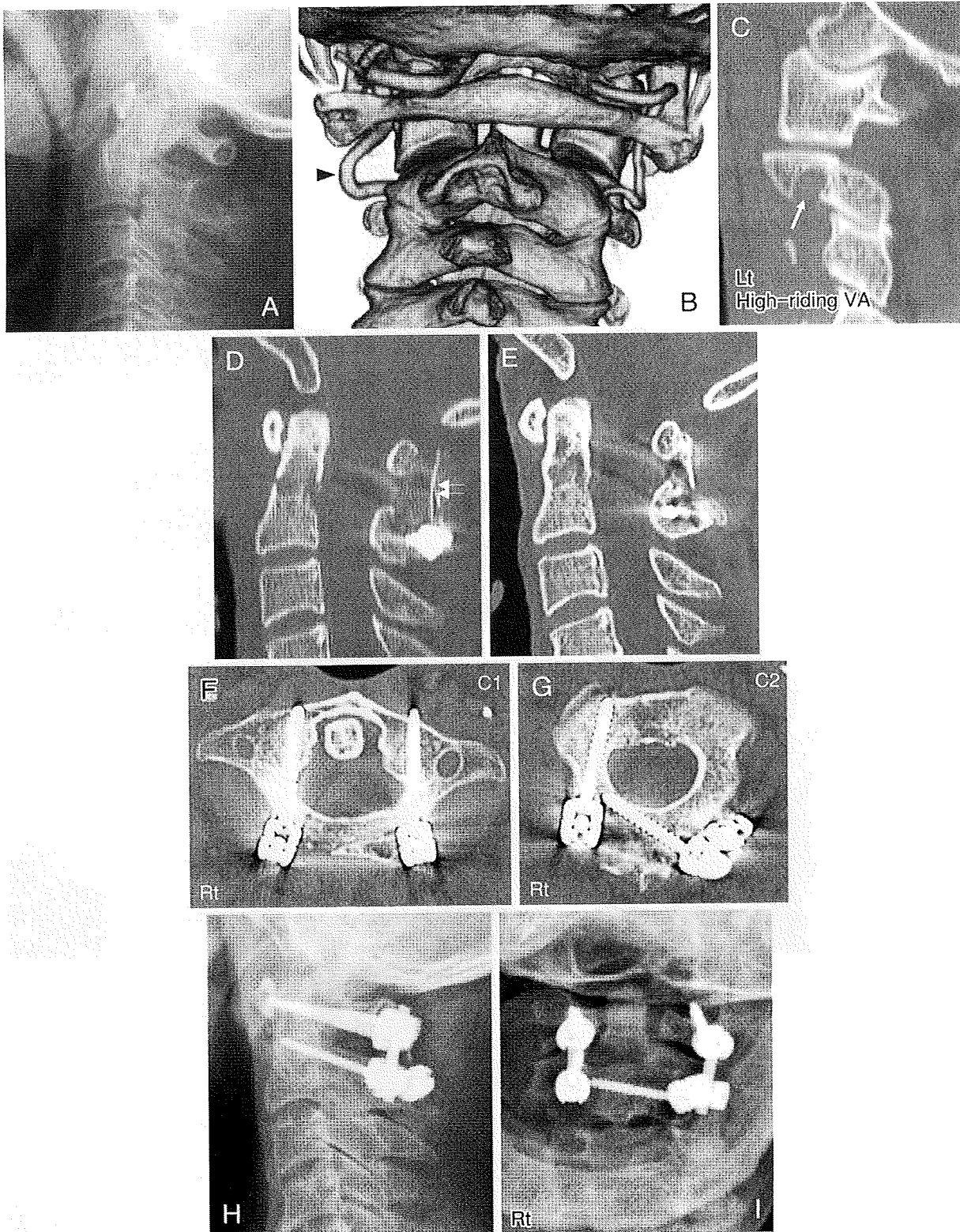


図 6 C1 外側塊スクリューを用いて C1-C2 後方固定を施行した歯突起骨折例
 アルツハイマー型認知症を伴う 70 歳代男性の新鮮歯突起骨折例。分類は II 型の横骨折であったが (A・D)、術後のカラー装着が困難と判断し C1-C2 後方固定を選択した。左側の椎骨動脈が優位 (B: 矢頭)、かつ high-riding VA (C: 矢印) であったため、C2 左側は椎弓スクリューを刺入した (G・I)。歯突起骨折部および C1-C2 椎弓間移植骨 (D: 2 重矢印) の骨癒合は良好である (E・H)。

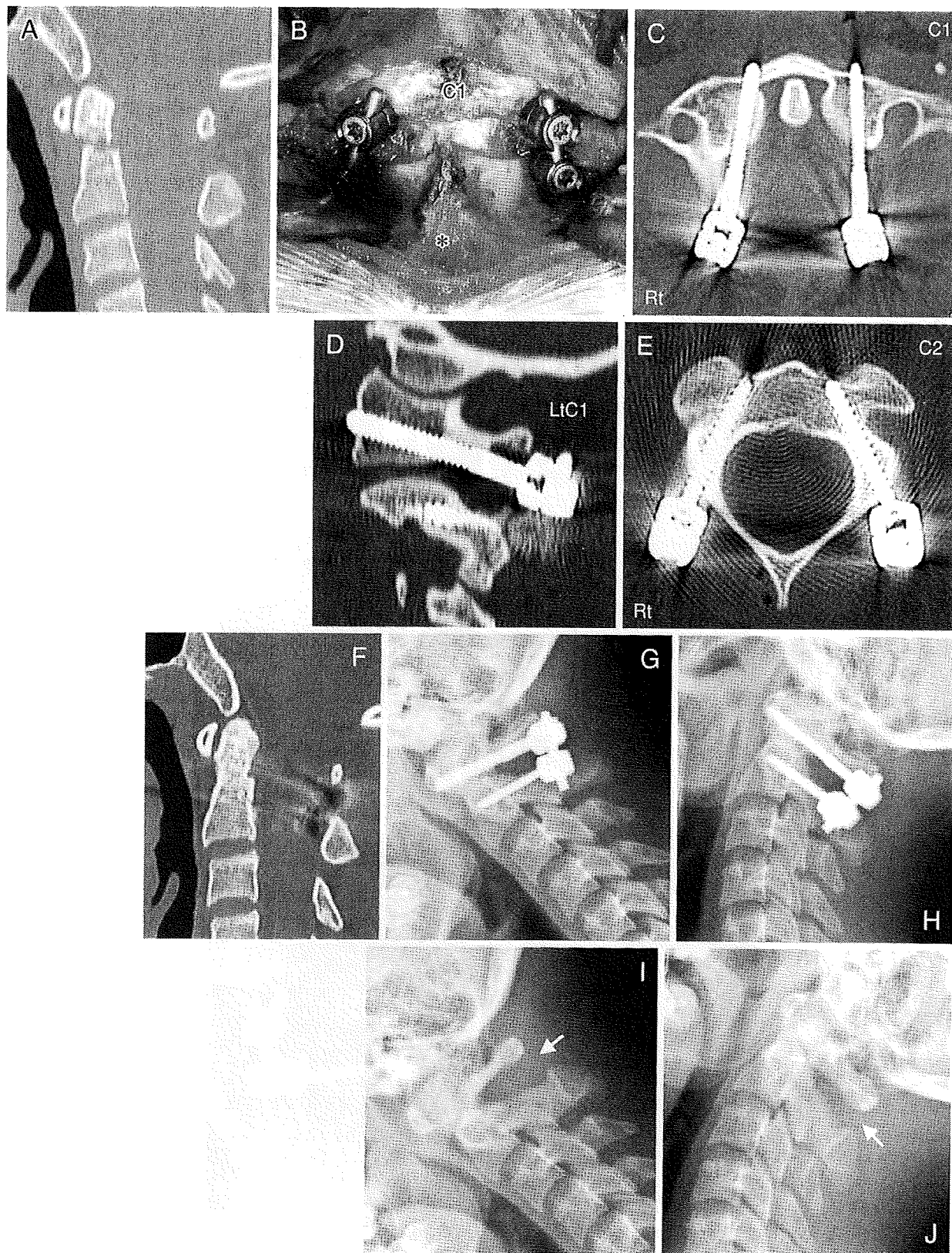


図 7 骨折部の癒合を確認後にインストゥルメンテーションを抜釘した歯突起骨折例
 受験期高校生の新鮮歯突起骨折例。分類はII型の横骨折であったが(A)，術後のカラー装着を避けたいとの希望が強く C1-C2 後方固定を選択した。C2 棘突起尾側に付着する筋群 (B: *印)，C1-C2 関節面を温存し，骨移植を行わずに C1-C2 後方固定を行った (B~ E)。歯突起骨折部の骨癒合を確認後 (F~ H)，術後8カ月でインストゥルメントを抜去した。抜去後1カ月の時点で，C1-C2 間の椎間可動性の復元が確認できる (I・J: 矢印)。

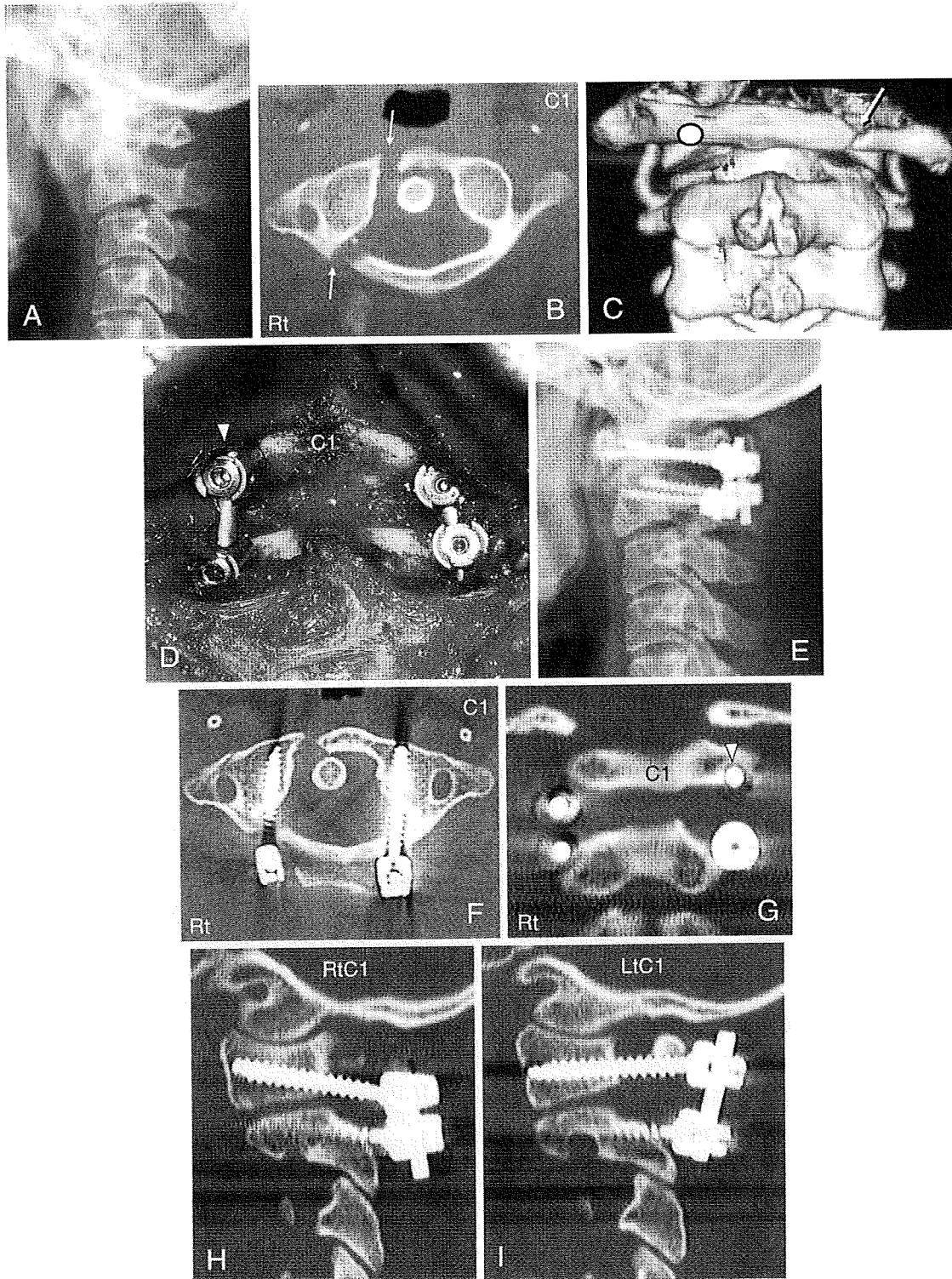


図 8 Jefferson 骨折を合併した環軸関節亜脱臼例

転落事故にて受傷した 30 歳代男性。ハローベストでは C1 の整復保持が困難であった (A)。右の前弓後弓が骨折し、側塊は離開している (B・C: 矢印)。C1 外側塊スクリューおよび C2 椎弓根スクリューを用いた C1-C2 後方固定を行った (D~I)。左 C1 外側塊スクリュー刺入は C1 後弓下縁尾側に作成した notch を通して行った (C: ○印, D・G: 矢頭)。Notch を作成することにより固定力が増し、展開時の静脈性出血を軽減できる。

性出血を軽減できる¹⁵⁾。

4. C1-C2 後方固定術の適応

Magerl スクリューおよび C1 外側塊スクリューを用いた C1-C2 後方固定術ともに固定力は強固であり、通常は術後に頸椎装具の装着を必要としない。さらには、C1 外側塊スクリューを用いることにより比較的低侵襲で手術が可能である。したがって、従来は前方スクリュー固定の適応とされていた整復可能な新鮮骨折例でも、認知症などで頸椎装具の装着が困難な例 (図 6) や頸椎装具なしで早期に社会生活に復帰したい例 (図 7) では、C1-C2 後方固定が選択されるようになった。

5. 骨折部の癒合確認後のインストゥルメント 抜去

若年の歯突起骨折の新鮮例で術後の頸椎装具の装着を避けたい例では、C1-C2 関節面を温存し、後方の骨移植を行わずに C1 外側塊スクリューを用いた C1-C2 後方固定を行う方法がある。歯突起骨折部の骨癒合を確認後にインストゥルメントを抜去すれば、C1-C2 間の椎間可動性の復元が期待できる (図 7)。

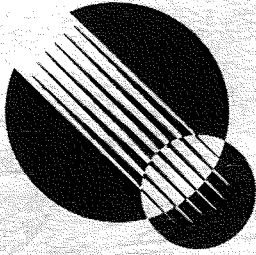
おわりに

近年の頸椎後方インストゥルメンテーション手術の進歩は目覚ましいものがあり、C1 外側塊スクリューを用いた C1-C2 後方固定術の導入により、強固な固定が比較的低侵襲で獲得可能となった。これに伴い、従来は前方スクリュー固定の適応とされてきた整復可能な新鮮骨折例でも、頸椎装具の装着が困難な例や早期に社会生活に復帰したい例では、C1-C2 後方固定が選択肢に入るようになった。しかし、インストゥルメンテーション手術に伴うリスクが浮上してきたことも念頭に置く必要があり、手術に際しては重篤な合併症を回避するための細心の注意を怠ってはならない。

文 献

1) 大田秀樹ほか：外傷性疾患，環椎．上位頸椎の

- 臨床 (富永積生ほか編)，南江堂，160-166，2000
- 2) 戸山芳昭：外傷性疾患，軸椎．上位頸椎の臨床 (富永積生ほか編)，南江堂，167-173，2000
 - 3) 千葉一裕：軸椎歯突起骨折，前方螺子固定術．新 OS Now No. 3 : 2-10, 1999
 - 4) 中西忠之ほか：軸椎歯突起骨折に対する螺子固定．整・災外 **24** : 399-406, 1980
 - 5) 山崎正志：環軸椎固定，Magerl 法・C1 外側塊スクリュー．関節外科 **27** : 69-80, 2008
 - 6) Harms J et al : Posterior C1-C2 fusion with polyaxial screw and rod fixation. Spine **26** : 2467-2471, 2001
 - 7) 鏡 邦芳ほか：環椎外側塊スクリュー．整・災外 **49** : 361-369, 2006
 - 8) Harrop JS et al : Acute respiratory compromise associated with flexed cervical traction after C2 fractures. Spine **26** : F50-F54, 2001
 - 9) Smith HE et al : Early complications of surgical versus conservative treatment of isolated type II odontoid fractures in octogenarians ; a retrospective cohort study. J Spinal Disord Tech **21** : 535-539, 2008
 - 10) Maak TG et al : The contemporary treatment of odontoid injuries. Spine **31** (11 Suppl) : S53-S60, 2006
 - 11) Grauer JN et al : Proposal of a modified, treatment-oriented classification of odontoid fractures. Spine J **52** : 123-129, 2005
 - 12) 山崎正志ほか：上位頸椎インストゥルメンテーション手術における椎骨動脈走行の術前評価，3次元 CT 血管造影法による解析．関節外科 **27** (10月増刊号) : 44-51, 2008
 - 13) Yoshida M et al : Comparison of the anatomical risk for vertebral artery injury associated with the C2-pedicle screw and atlantoaxial transarticular screw. Spine **31** : E513-E517, 2006
 - 14) 山崎正志：頸椎・胸椎手術における 3次元実体模型の有用性，術前手術シミュレーションおよび術中ナビゲーション．J MIOS No. 49 : 25-34, 2008
 - 15) Liu G et al : The feasibility of microscope-assisted "free-hand" C1 lateral mass screw insertion without fluoroscopy. Spine **33** : 1042-1049, 2008



JAPANESE
SOCIETY
OF
RADIOLOGICAL
TECHNOLOGY

放射線撮影分科会誌

53号

第53回放射線撮影分科会

期日：平成21年10月22日(木)・23日(金)

場所：岡山コンベンションセンター

社団法人 日本放射線技術学会 放射線撮影分科会

教育講演 整形外科医が求めるCT画像とその役割について
— 脊椎を中心に —

千葉大学大学院医学研究院整形外科
山崎 正志

1. はじめに

近年の脊椎インストゥルメンテーション手術の進歩は、強固な固定性の獲得、アラインメントの矯正・保持、後療法 of 簡略化を可能にした。アンカーとしては椎弓根スクリューが多用されており、スクリュー刺入を正確に行うためには、CT画像による術前プランニングが必須である。

本邦では頚椎の退行性疾患（頚椎症性脊髄症、頚椎後縦靭帯骨化症など）の患者数が欧米に比べて多いこともあり、特に頚椎のインストゥルメンテーション手術の進歩は著しい。上位頚椎では、環軸(C1-C2)関節貫通スクリュー、軸椎(C2)椎弓根スクリュー、環椎(C1)外側塊スクリュー、後頭骨スクリューなどが、中下位頚椎では、外側塊スクリューや椎弓根スクリューがアンカーとして使用されている。頚椎インストゥルメンテーション導入により、ハローベスト固定などの術後の外固定が省略でき、早期にリハビリテーションを開始できるなど、医療側および患者側ともに、多大な恩恵を受けている。反面、スクリュー刺入に伴う椎骨動脈(VA)損傷を始めとする重篤な神経血管合併症のリスクが浮上して来た。現在、脊椎外科医に求められていることは、如何に安全・効率的にスクリューを刺入するかであり、そのためには、精度の高い術前プランニングが必要とされる。

本稿では、千葉大学病院で筆者らが行っている脊椎手術の術前プランニングの実際について紹介したい。

2. スクリュー刺入の術前プランニング

1). 上位頚椎

C2 椎弓根スクリューが最も多用されており、C1-C2 関節貫通スクリュー (Magerl スクリュー) の使用頻度も高い(図1)。スクリュー刺入に際し、最も注意を要するのは、椎骨動脈の C2 骨内走行である。椎骨動脈が内側・背側・頭側に偏位している走行異常を High-riding VA と呼称する(図1, 2)。High-riding VA の頻度は 10 から 20% とさ

れ、決してまれな走行異常ではない。High-riding VA 例に無造作にスクリューを刺入すると、椎骨動脈損傷をきたし、最悪の場合は脳幹梗塞を生じて死に至る可能性もある。CT の矢状断再構築像で High-riding VA に向かってスクリューが刺入されていく経路を図2に示す。

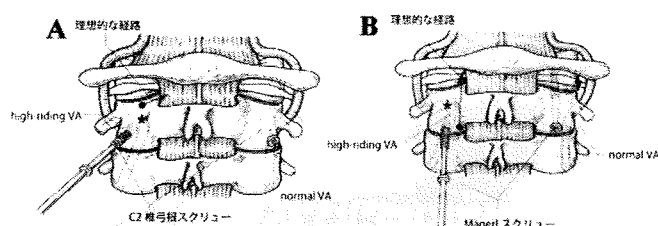


図1. C2椎弓根スクリュー(A)およびC1-C2関節貫通スクリュー(Magerlスクリュー)(B)。High-riding VAでは椎骨動脈損傷(★)を生じる。

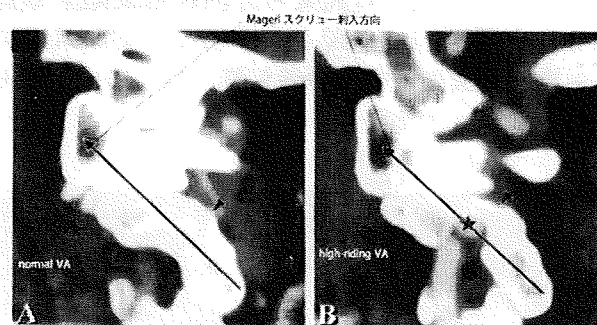


図2. C1-C2高位CT矢状断再構築像。Magerlスクリュー刺入によりHigh-riding VA (B)では椎骨動脈損傷(★)を生じる。

(1). High-riding VA の評価

CTあるいはCT angiography (CTA)の矢状断像で評価する方法が、最も一般的である。通常は2mm スライス幅の矢状断像を作成する。この際、スライスの方向が脊柱管の正中方向と一致するように努める(図3)。正中方向とは異なる方向(斜めに)にスライスを作成すると、評価の精度が落ちる。評価に使用する画像は、基本的に左右3枚ずつである。すなわち、脊柱管内縁のスライスと、それより2mm および4mm 外側のスライスである。4mm 外側のスライスで椎骨動脈孔が描出されていなければ、安心してC2椎弓根スクリューを刺入できる。逆に、2mm 外側のスライスで椎

骨動脈孔が描出されていると、C2 椎弓根スクリューの刺入はほぼ不可能である。4mm 外側のスライスに椎骨動脈孔が描出されている場合は、スクリューの刺入方向を内側・頭側に向けることで、刺入が可能な場合もある。しかし、その決定は、慎重に行う必要がある (図3)。

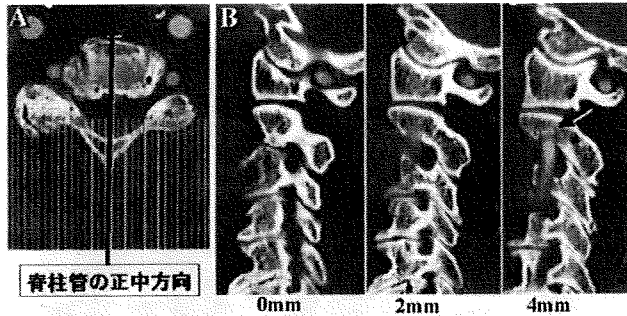


図3. CTA矢状断のスライス方向(A)および矢状断像(B). 椎骨管内縁、2mm外側、4mm外側のスライス. 本例では4mm外側で椎骨動脈孔が描出されている(矢印).

筆者らは、CTあるいはCTAの3次元像(3DCTあるいは3DCTA)を作成して、スクリュー刺入の決定を行うようにしている。具体的には、C2 椎弓根をスクリューの刺入の方向から俯瞰する画像を作成(斜め上から見下ろす画像となる)し(図4)、椎骨動脈の走行を評価して、スクリュー刺入が可能かどうかを決定する。

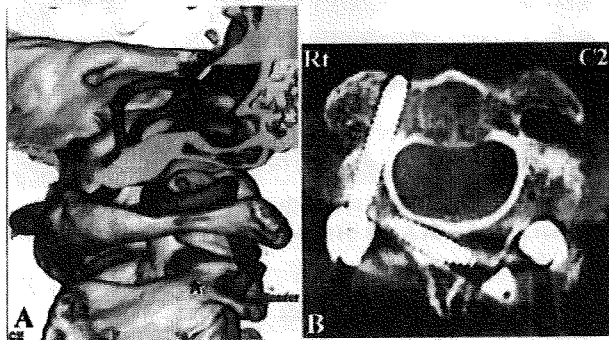


図4. 術前3DCTA像(A)および術後CT-MPR像(B). 本例では右C2椎弓根スクリューは刺入可能と判断した。C2椎弓根スクリュー刺入点(★).

3DCTあるいは3DCTA画像を用いてもスクリュー刺入が決定できない例では、最終的にCTデータをもとに3次元実体模型を作成し、実際に手にとってC2椎弓根スクリューの刺入の経路を評価する。

(2). 椎骨動脈の骨外走行異常の評価

上位頸椎における椎骨動脈の骨外走行異常としては、Persistent 1st intersegmental artery および Fenestration が代表的な異常である(図5)。前者は、椎骨動脈がC2の骨孔を出た後、C1の横

突起孔を通過せずにC1後弓尾側から脊柱管内へ侵入するもので、後者は、椎骨動脈がC2の骨孔を出た後に分岐し、1本は Persistent 1st intersegmental artery、他の1本は通常の走行(C1横突起孔を通過しC1後弓頭側から脊柱管内へ侵入)を呈する。これらの走行異常を有する例では、術野の展開を極めて慎重に行う必要がある。通常の展開を行うと、椎骨動脈損傷を引き起こす可能性が高い。

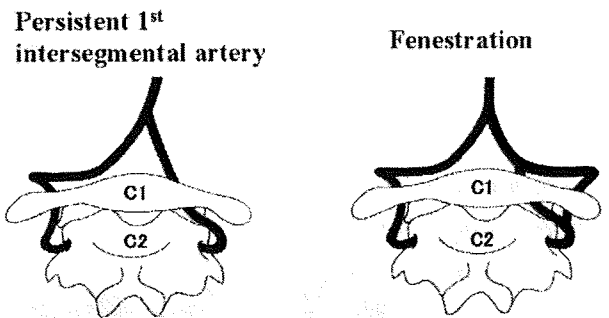


図5. 上位頸椎における椎骨動脈の骨外走行異常

診断には3DCTAが有用である。選択的椎骨動脈造影やMR angiography(MRA)では、血管と隣接する骨要素を描出できないため、椎骨動脈と脊椎の相互の位置関係を解析することが困難である(図6)。3DCTAでは、骨性要素と椎骨動脈の相互関係を詳細に評価できる利点が大きく、上位頸椎インストゥルメンテーション手術の術前プランニングにおいて、その有用性は顕著である。

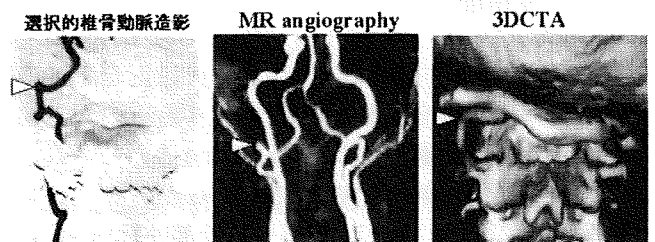


図6. 各種検査法によるPersistent 1st intersegmental arteryの描出

ところで、3DCTA画像がなくても、椎骨動脈の骨外走行異常の有無は、ある程度のスクリーニングが可能である。異常を疑わせる所見として、C1高位のCT水平断像での横突起孔の萎縮、およびC1高位のMRI-T2強調水平断像でのフローボイド像である(図7)。したがって、頸椎のCT、MRIを撮影する際は、C1高位の水平断像を加えることが望ましい。