

環軸椎固定

—Magerl法・C1外側塊スクリュー—

Atlantoaxial fixation—Magerl's method and C1 lateral mass screw—

山崎正志

はじめに

環軸椎亜脱臼に対する環軸椎後方固定術としては、ワイヤーをアンカーとするMcGraw法やBrooks法、環椎後弓フック・クランプをアンカーとする術式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。

Magerlによって開発された環軸関節貫通スクリュー(Magerlスクリュー)は、強固な環軸椎後方固定を可能にした。Magerl法は、1990年代に入ってから広く普及し、最も一般的な環軸椎後方固定法となった^{1)~4)}。しかし、Magerlスクリュー刺入に伴う椎骨動脈損傷のリスクは決して少なくはなく、椎骨動脈損傷を回避して、いかに安全にスクリューを刺入できるかが、Magerl法施行における重要な課題となっている⁵⁾。

1994年、Goelら⁶⁾は、C1外側塊スクリューをアンカーとする環軸椎後方固定術を初めて報告し、2001年、Harmsら⁷⁾がpolyaxial screwをこれに応用したことで、近年、注目されるようになった。本法では、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C1-2アライメントの矯正が可能である、という利点を有する⁸⁾。本稿では、手術手技を中心に、Magerlスクリュー、C1外側塊スクリューを用いた環軸椎後方固定術について述べたい。

スクリュー刺入に関連する環軸椎の解剖

C1-2関節の背側にはC2神経根が横走しており、その周囲には静脈叢が発達している(図1)。C2椎弓の上縁に沿って展開し、静脈叢(C2神経根は展開当初、静脈叢に覆われて直視できない)を頭側によけると、C2椎弓内縁が直視できる(図1の矢印)。さらに、腹側に展開を進めると、C1-2関節に達する。静脈叢からの出血が多いと展開に難渋するが、C2椎弓内縁の直視は必須である。

Magerlスクリューの刺入点は、C2下関節突起の尾側端付近、C2椎弓根スクリューの刺入点はC2椎弓上縁の延長線上にとり、C2椎弓内縁をランドマークとして刺入方法を決定する。

Key words

環軸椎固定(atlantoaxial fixation)
 関節貫通スクリュー(transarticular screw)
 外側塊スクリュー(lateral mass screw)

M. Yamazaki: 千葉大学大学院医学研究院整形外科

C2椎弓外側には横突起孔(図1の*印)がある。high-riding VA例では、横突起孔が脊柱管寄りに位置しているため、無造作に外側を展開すると椎骨動脈を損傷する危険がある。

C1後弓外側を展開し、さらにC2神経根・静脈叢を尾側によけると、C1後弓の尾側基部・C1外側塊後面に達する。Goel/Harms法によるC1外側塊スクリューの刺入点はこの領域になるが、静脈叢からの出血が多い場合は展開に難渋する。

Magerlスクリューによる環軸椎固定の実際

基本的な手技については、成書を参考にされたい^{11)~4)}。ここでは、著者がとくに注意している事項を中心に述べる。

◎術前準備

X線前・後屈伸で環軸椎亜脱臼の整復性を確認する。CTのMPR像・3D-CTにてC1-2関節、C1外側塊、C1後弓の形態を正確に確認しておく。3D-CT血管造影法にて、椎骨動脈の骨外走行異常、左右差、骨内走行異常(とくにhigh-riding VA)を評価する^{9), 10)}。歯突起骨、環椎後頭骨化など先天骨奇形を有する例では、椎骨動脈の走行異常を高頻度に合併するので注意

を要する^{10), 11)}。

◎手術体位

Mayfield three pinを使用して腹臥位とする。環軸椎の側面透視が可能になるようにCアームを設置する。術前にC1-2の整復が不十分な例でも、麻酔下に腹臥位をとることで整復が得られることが多い。環軸椎亜脱臼が高度で重度の麻痺例の場合、体位変換時に脊髓障害を悪化させる可能性がある。このような例では、ハロー・ベストをあらかじめ装着してから慎重に腹臥位をとり、専用のコネクターで手術台とハローリングを固定する。その後、ハロー・ベストの背側部をはずして手術を開始する。

◎展開後の側面透視

術野を展開後、正確な側面透視を行うことが、スクリュー刺入のポイントである。2本のPenfield剥離子を左右C2下関節突起の下端にあて、その先端が一致するようにCアーム、手術台を調節する。とくに、左右の高さを調節する操作は、手術台を回旋させることにより行い、Cアーム自体は水平を保つように心がける。

C2-3関節の変形が著しい例では、上記の方法がとれない。このような例では、C1後弓やC2椎弓の左右の骨皮質部分の陰影が、ぴった

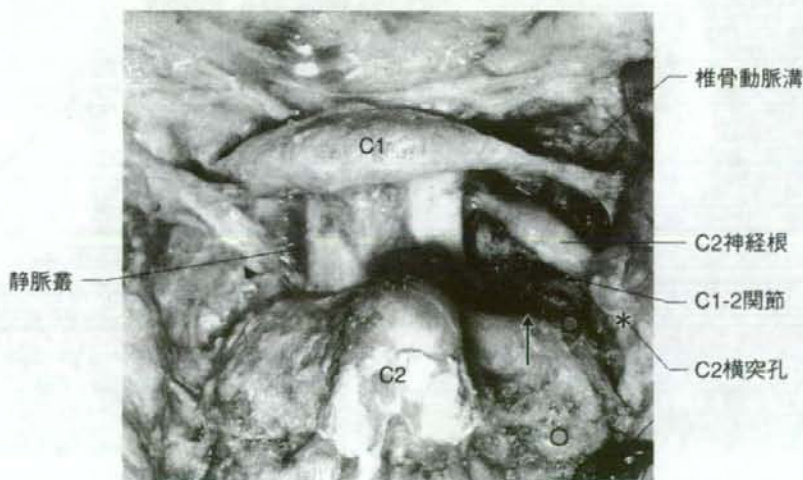
図1 環軸椎の解剖(cadaver)

スクリュー刺入点・方向の決定に際してはC2椎弓根内縁(矢印)が最良のランドマークとなる。

緑丸：Magerlスクリュー刺入点

青丸：Goel/Harms法によるC1外側塊スクリュー刺入点

赤丸：C2椎弓根スクリュー刺入点



りと重なるように左右の高さを調節して、正確な側面透視に少しでも近づくようにする。

◎ Magerlスクリューの刺入方向の決定

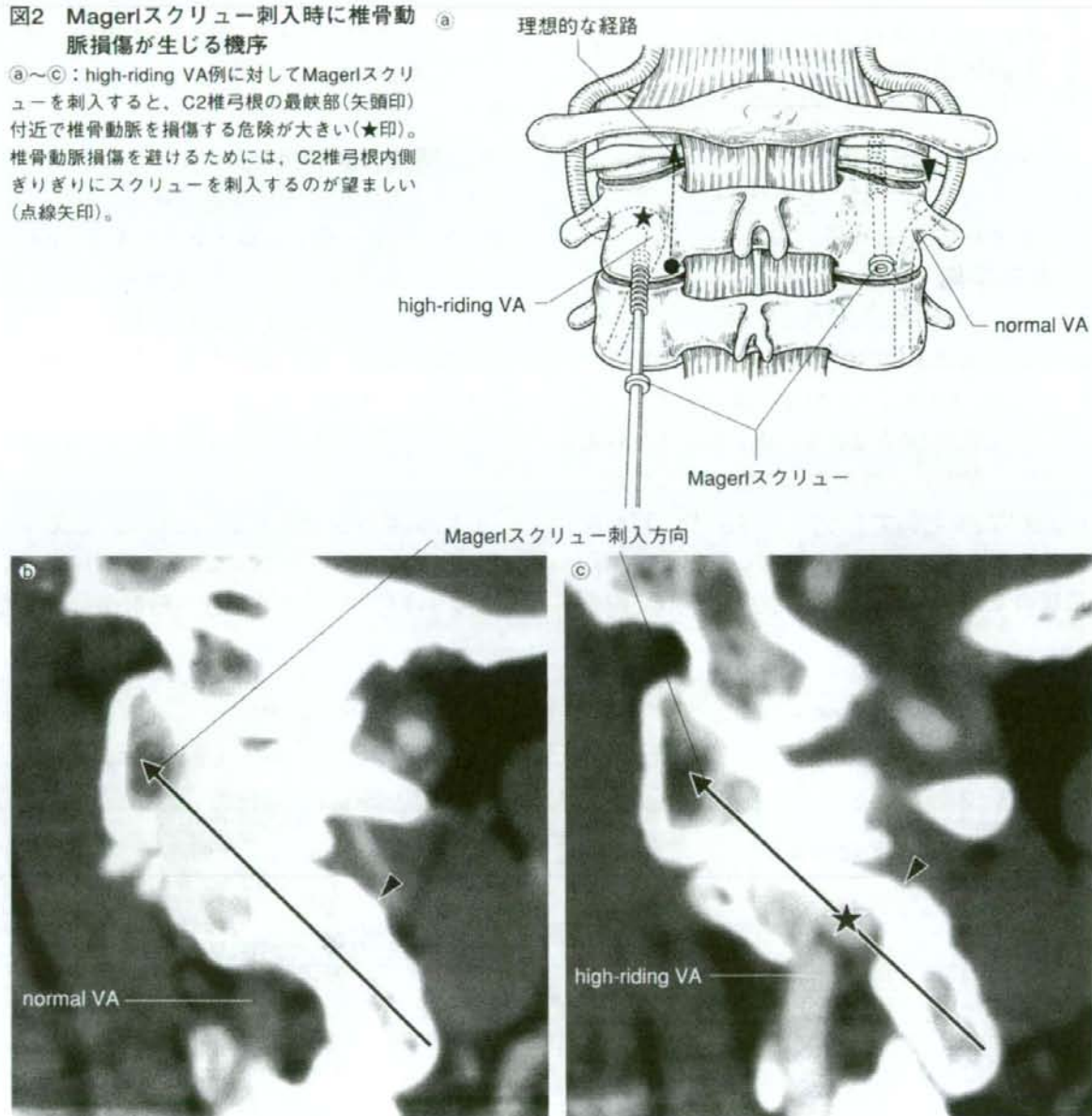
椎骨動脈のC2骨内での走行が内方・上方・後方に偏位しているhigh-riding VA(図2)の頻度は約20%とされる^{5), 10)}。仮に、MagerlスクリューがC2下関節突起尾側端・突起の正中付近からC1/2関節の正中付近に向かって(図2②), そして側面透視ではC1前弓の中央に向かって刺入された場合(図3②), 通常の椎骨動脈の骨内

走行であれば、動脈損傷は生じない。しかし、high-riding VAの場合、C2椎弓根の最狭部で椎骨動脈損傷が生じる可能性が高い(図2の★印)。

椎骨動脈損傷を避けるためには、Neoら⁶⁾が提唱しているように、スクリューをC2椎弓根の内側ぎりぎりに刺入するのが望ましい(図2②の点線矢印)。側面透視では、C1前弓の中央をめざして刺入するよりは、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(図3②の矢印)。

図2 Magerlスクリュー刺入時に椎骨動脈損傷が生じる機序

①～③: high-riding VA例に対してMagerlスクリューを刺入すると、C2椎弓根の最狭部(矢頭印)付近で椎骨動脈を損傷する危険が大きい(★印)。椎骨動脈損傷を避けるためには、C2椎弓根内側ぎりぎりにスクリューを刺入するのが望ましい(点線矢印)。



環軸椎亜脱臼の整復が不十分な例では、椎骨動脈損傷の発生にとくに注意する必要がある。側面透視で、C1前弓の中央に向かってスクリューを刺入すると、C2椎弓最狭部で椎骨動脈孔に向かってスクリューが進むため、椎骨動脈損傷の危険が増す(図3b)の★印)。C2椎弓最狭部のなるべく背側をめざす刺入法であれば、椎骨動脈孔の頭側をスクリューが通過するため、椎骨動脈損傷のリスクは下がる(図3b)の矢印、図4)。

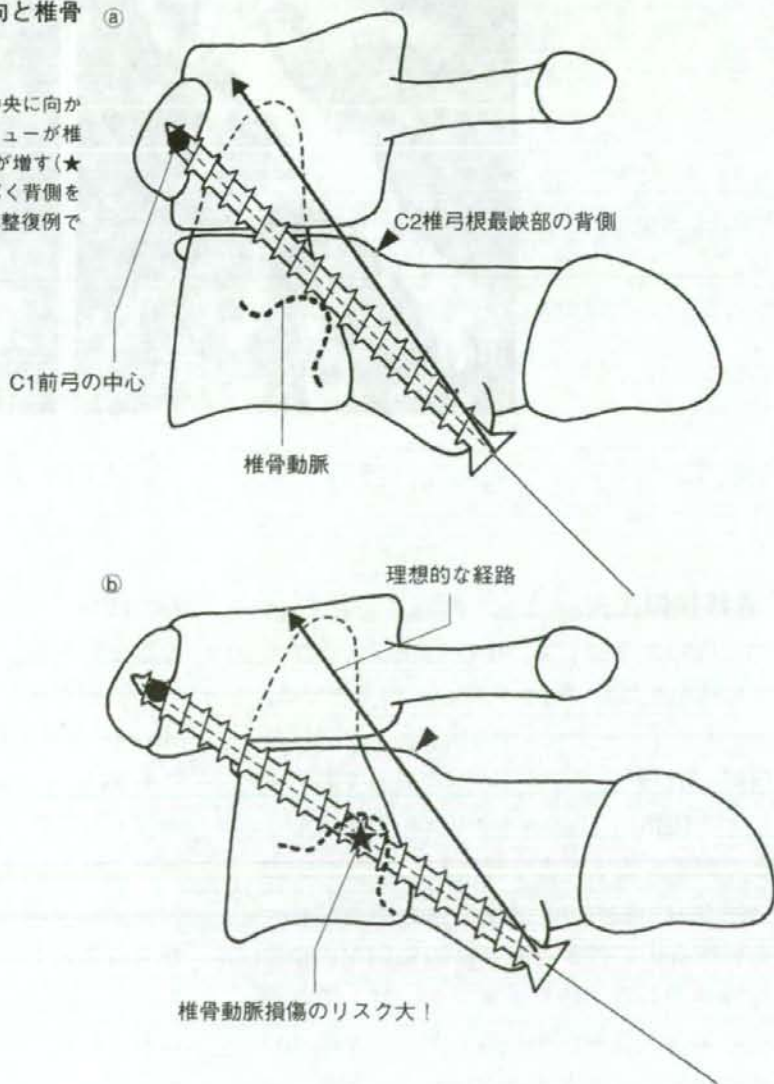
◎ 別皮切作製の有用性

スクリュー刺入にあたっては、ガイドワイ

ヤー、ドリル、タップなどの操作が必要になる。その際、環軸椎領域の皮切のみでは、背部の皮膚、筋肉の抵抗が強く、とくに頭側に向けてのスクリュー刺入がしばしば困難となる。この問題は、頸胸移行領域に別皮切を加えることで解決できる。スクリューの刺入方向が決まったら、それに最も適した個所に別皮切を作製する。ただし、この方法ではタップ操作を行う際に筋組織を巻き込んでしまい、手術進行の障害となる。これには、細いシースを設置することで対処できる。

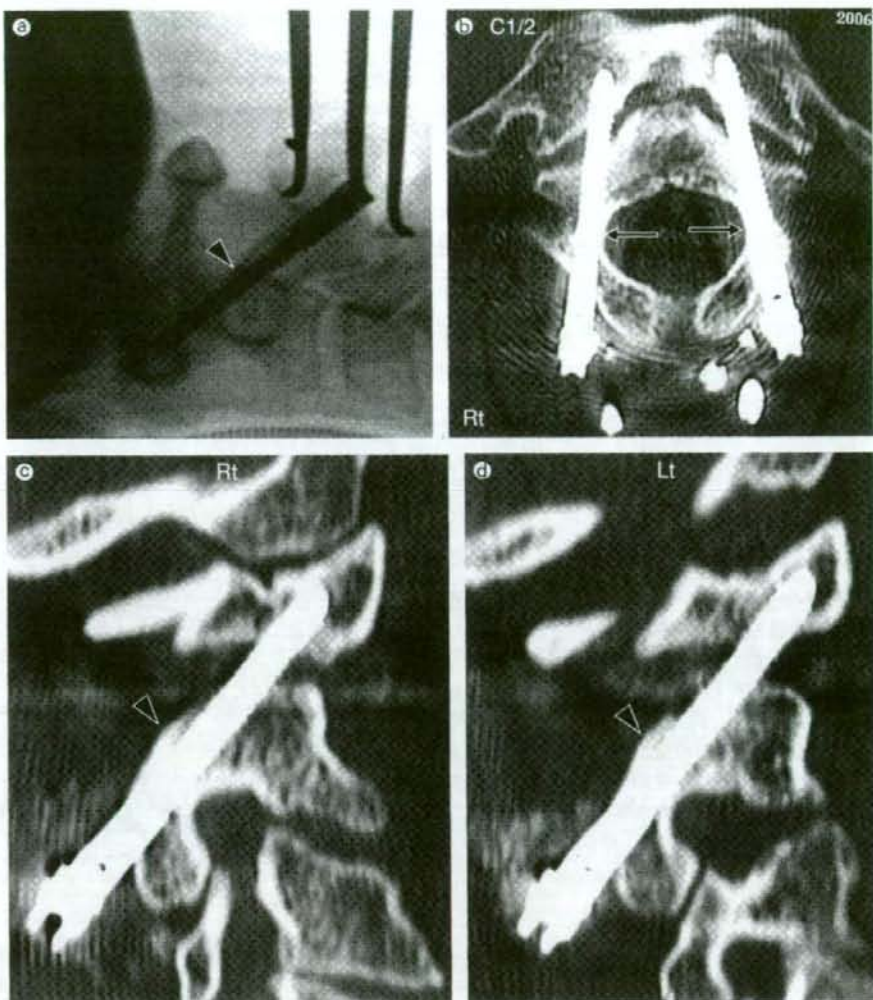
図3 Magerlスクリュー刺入方向と椎骨動脈損傷のリスク

①: C1-2整復位。②: C1-2非整復位。
C1-2の整復が不十分な例でC1前弓の中央に向かってスクリューを刺入すると、スクリューが椎骨動脈孔に向かうため動脈損傷の危険が増す(★印)。C2椎弓根最狭部(矢印)のなるべく背側をめざす刺入法(矢印)であれば、C1-2非整復例でも椎骨動脈損傷のリスクは下がる。



**図4 両側high-riding VA
例に対するMagerl
スクリュー刺入**

③～④：C2椎弓根最狭部の背側(矢頭印)、および内縁ぎりぎり(矢印)をめざしてMagerlスクリューを刺入した。両側にhigh-riding VAが存在したが、椎骨動脈孔を穿破することなく、スクリューの刺入が可能であった。



◎ 骨移植の工夫

C1-2間の骨移植では、Brooks法によるワイヤー締結がしばしば行われる。この方法では、Magerlスクリューを刺入する前に、チタン性の軟鋼線をC1後弓、C2椎弓の下に通しておくようにする(図5)。Magerlスクリューを刺入したあとで鋼線を通す操作を行うと、C1およびC2に無理な力が加わり、スクリュー刺入でせっかく強固な固定性が得られたC1-2間が再び弛む可能性がある。縫りチタンケーブルで締結を行う場合、弛みが生じるとケーブルが丸い形状に復元しようとする力が働き、症例によ

ってはケーブルが脊髄を圧迫することがあり注意を要する。

小児例などでC2-3間を温存したい場合は、McGraw法が有用である(図6)。

Atlas clawのシステムでは、C1後弓の腹側を剥離する必要がない。さらに、Atlas clawのパーツをMagerlスクリューと直接連結することで、強固な固定性が得られる。骨移植は、移植骨に開けた小穴にC2棘突起先端がはまり込むように細工し、さらにナイロン糸でロッドにしっかりと締結する(図7)。

図5 Magerl+Brooks法施行例

①～③：手術手順としては、チタンワイヤーをC1後弓、C2椎弓下に通したのちにMagerlスクリューを刺入するのが望ましい。本例では、骨癒合が完成し移植骨のリモデリングが進んだあとも、ワイヤーの脊柱管内へのたわみは生じていない(矢印)。

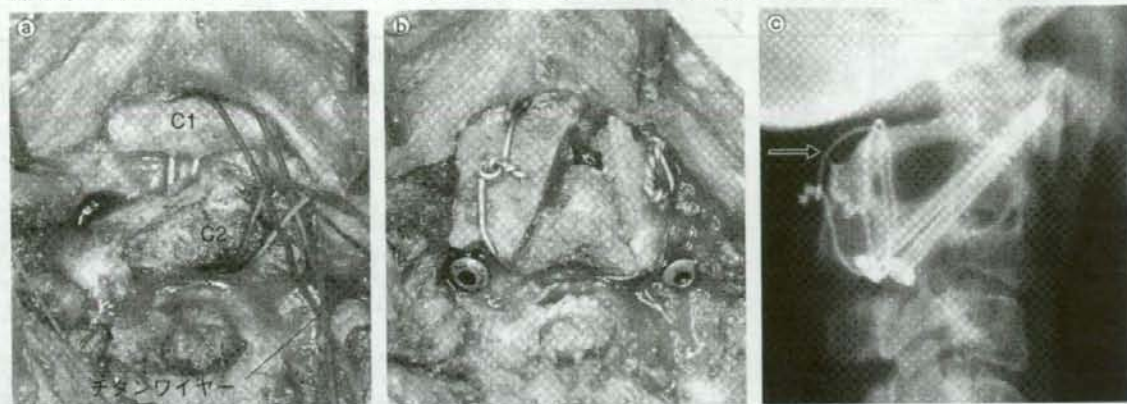


図6 Magerl+McGraw法施行例

環軸椎回旋位固定の5歳、女児。
①～④：小児例でありC2-3黄色靭帯の温存が望ましいと判断して、McGraw法を選択した。MagerlスクリューはC2椎弓根最狭部の背側ぎりぎり(矢頭印)を通過している。

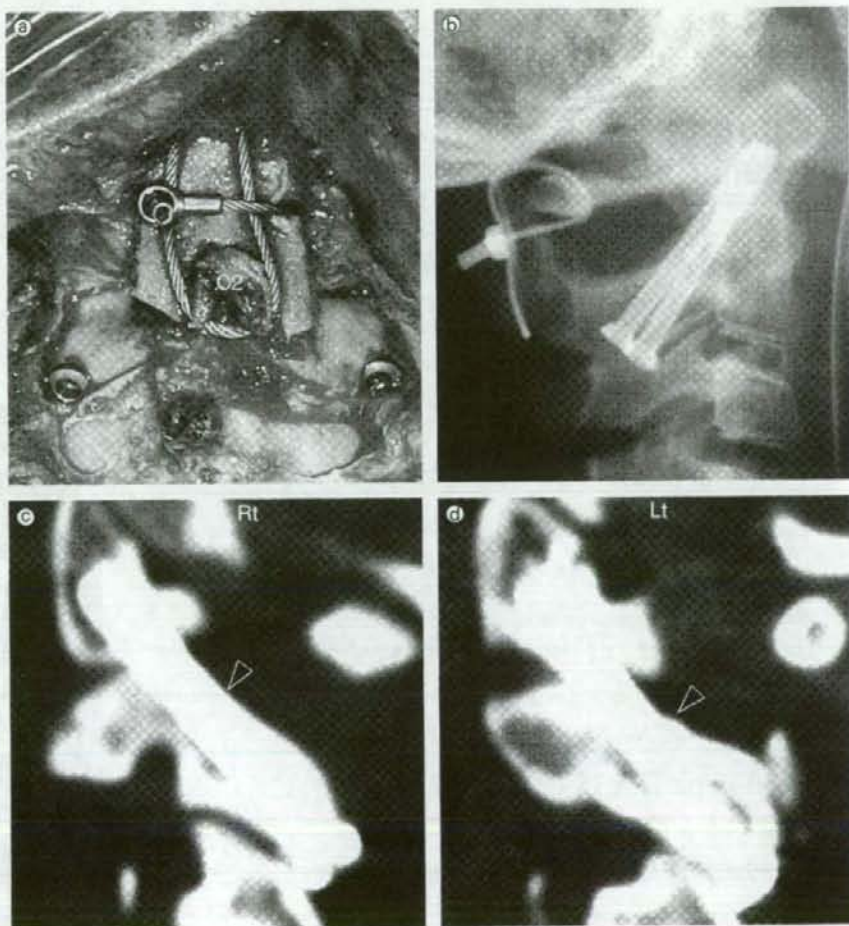
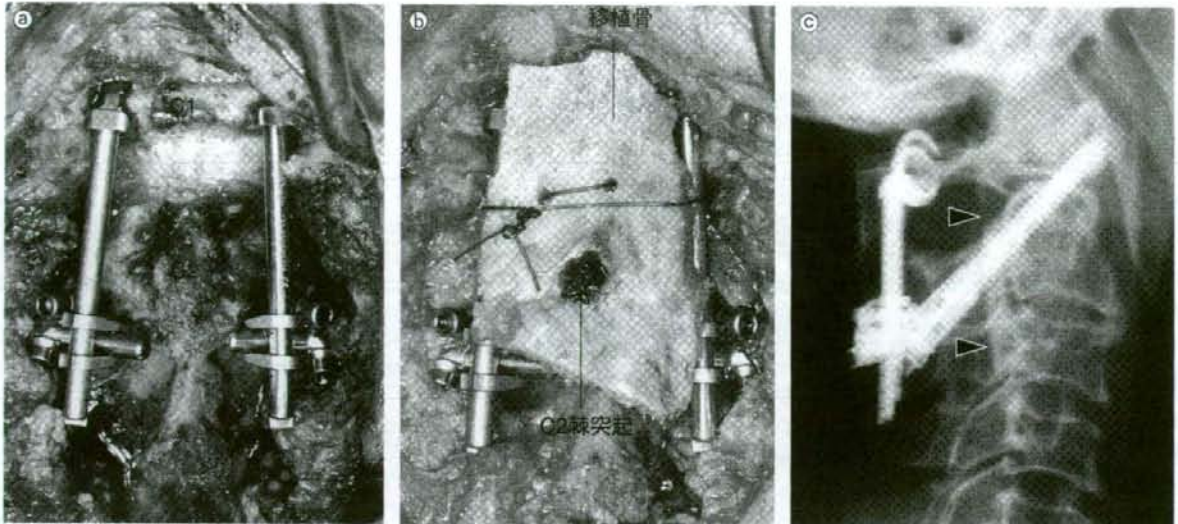


図7 Magerl+Atlas claw法施行例

①～③：C1-3頸椎後縦靭帯骨化症(OPLL)(矢頭印)を伴う環軸椎亜脱臼例。C1後弓下にワイヤーを通す操作が危険と判断しAtlas claw systemを使用した。



C1外側塊スクリューによる 環軸椎固定の実際

基本的な手技の詳細は成書を参考にされたい^{4), 6)~8), 12)}。また、注意点の多くは、本稿「Magerlスクリュー」の項に準ずる。

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(図8)^{6), 7)}と、C1後弓経由でスクリューを刺入するTan法(図9)¹²⁾が行われている。両刺入法では注意点が一部異なる。

① 術前準備

3D-CT血管造影にて、椎骨動脈の骨外走行異常の有無を確認する。fenestrationあるいはpersistent 1st intersegmental arteryの例に対して、Goel/Harms法を行うと、椎骨動脈損傷のリスクが大きく選択すべきでない^{10), 11)}。

C1後弓頭側の椎骨動脈溝を架橋状の骨が覆っているponticulus posticusの例では、椎骨動脈をガードすることができず、Tan法を行うのは危険である⁸⁾。

CTのMPR像にて、C1後弓の厚さを計測する。

図8 C1外側塊スクリュー(Goel/Harms法)刺入例

①～⑩：後屈位にても整復されない高齢の環軸椎亜脱臼例(①)。C1後弓が薄くGoel/Harms法によるC1外側塊スクリュー刺入を選択した。三次元実体模型はC1外側塊およびC2椎弓根スクリューの刺入点の同定に有用であった(②)。本例ではC2とC1の脊柱管側面はほぼ同じ矢状面に位置していた(③、矢印)。術中、怒張した静脈叢(矢頭印)のため展開に難法した(④)。術中矯正にてもC1-2は整復されず、C1後弓切除を行った(⑤)。骨移植は残存するC1後弓外側部分(*印)を母床として行った(⑥)。スクリューはC1前方の皮質骨を貫通させた(⑦～⑩)。



図8 つづき

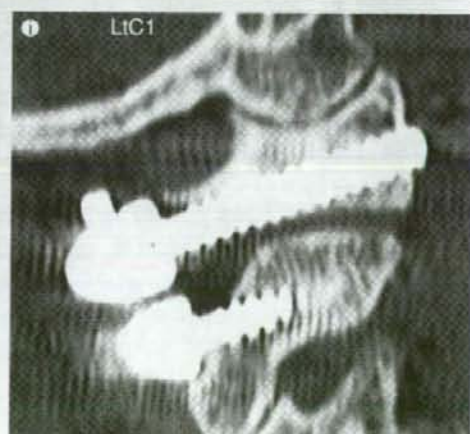
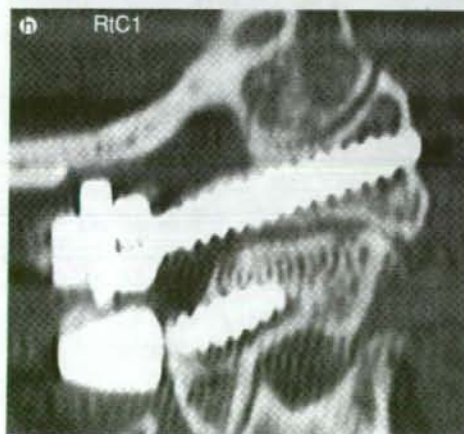
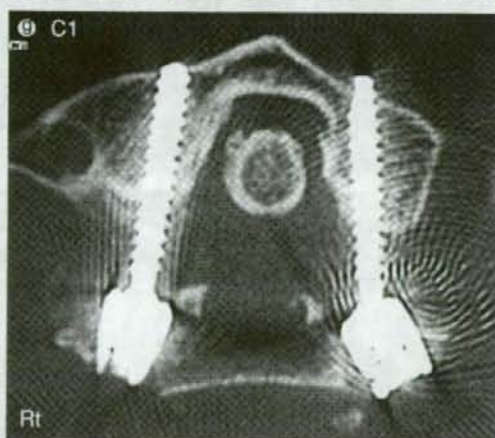
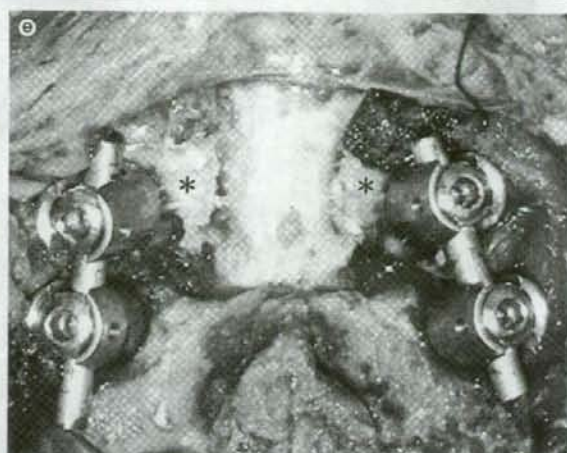
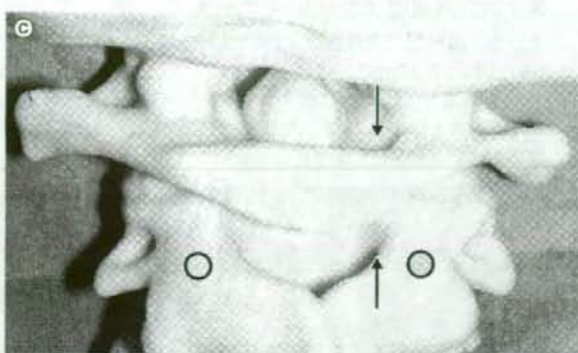
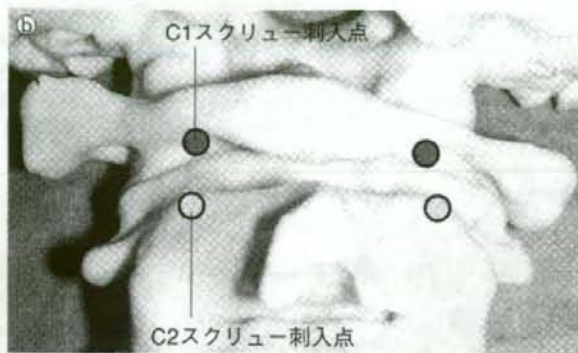
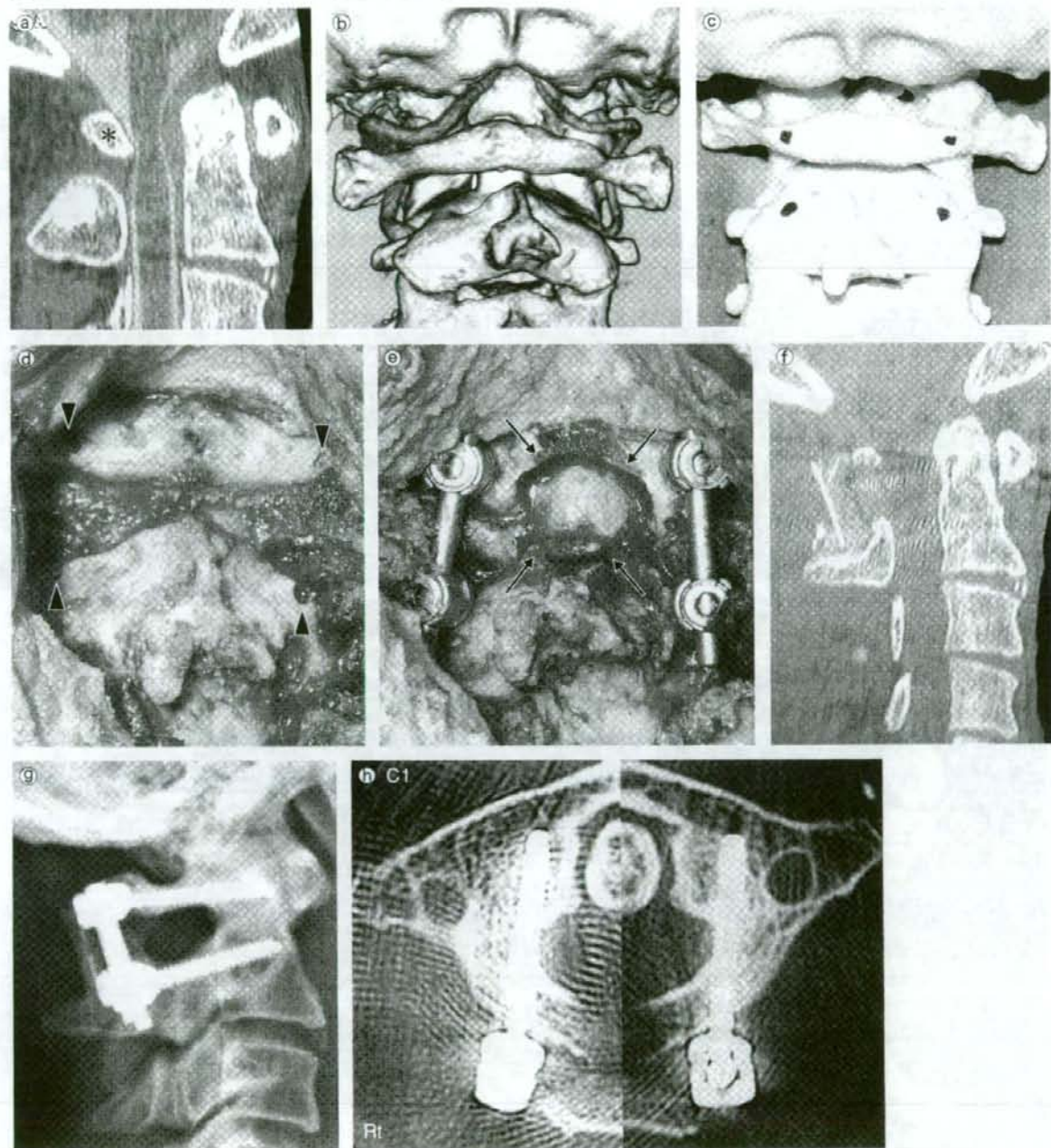


図9 C1外側塊スクリュー(Tan法)刺入例

a~h: 歯突起後方腫瘍およびC1発育性狭窄を伴う環軸椎亜脱臼例。C1-2整復位にてもC1後弓尾側(*印)での脊髄圧迫が残存(a)。本例ではTan法によるC1外側塊スクリュー刺入が可能と判断した。3D-CT血管造影(b)および三次元実体模型(c)は、術中のC1外側塊およびC2椎弓根スクリューの刺入点同定に有用であった(d, 矢頭印)。C1後弓尾側およびC2椎弓頭側を部分椎弓切除して、脊髄を除圧した(e, 矢印)。骨移植は残存するC1後弓頭側部分を母床として行った(f)。スクリューはC1前方の皮質骨を貫通させていないが、固定性はきわめて良好であった(g, h)。



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⁸⁾。

● 手術体位

腹臥位にてC1-2の整復が不十分な例でも、術中のアライメント矯正が、ある程度可能である⁴⁾。

● 展開時の工夫

C1外側塊スクリューを刺入するためには、C1外側までの展開が必要である。骨膜下に展開することで、椎骨動脈は比較的容易に頭側にレトラクトできる。一方、C1-2の静脈叢を尾側にレトラクトする必要があるが、この操作は、静脈叢が怒張した例では容易ではない(図8④の矢頭印)。静脈叢を損傷した場合、通常はbipolar coagulatorでの止血は困難である。コラーゲンシート、止血綿で圧迫を続け、その間には、反対側の手術操作を行いつつ止血を待つ。出血が繰り返すことがあるが、その場合も、辛抱強く圧迫止血で対処するのが望ましい。

● C1外側塊スクリュー刺入点および刺入方向

刺入点は、Goel/Harms法ではC1後弓尾側基部で外側塊の中央、Tan法ではC1後弓の最峽部のやや内側とされている。また、刺入法は垂

直から15°内側までが推奨されている⁸⁾。しかし、上位頸椎手術例では骨奇形の合併が多く、症例ごとに最良の刺入点、刺入方向は異なる。術前の3D-CT像にて、最も安全域の広い刺入点・刺入方向を決定しておくのが望ましい。三次元実体模型を作製すると、さらに具体的な手術のイメージを得ることができる(図8⑤、⑥、9③) ^{13),14)}。

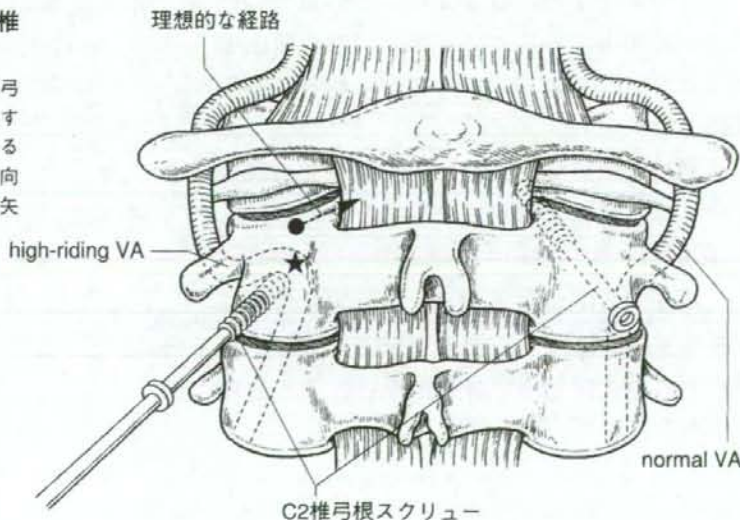
症例によっては、C1の脊柱管側面を触知できるが、出血が多い例ではこの操作は容易でない。術前の3D-CT像・三次元実体模型にて、C2とC1の脊柱管の位置関係を把握しておくこと、C2椎弓内縁の位置を目安にして、C1脊柱管側面の位置を推測できる。多くの例では、C1とC2脊柱管の側面は、ほぼ同じ矢状面にあると考えてよい(図8⑥の矢印)。

● C1外側塊スクリューの刺入深度

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。とく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8⑨～⑪)⁷⁾。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¹⁵⁾。

図10 C2椎弓根スクリュー刺入時に椎骨動脈損傷が生じる可能性

high-riding VA例に対してC2椎弓の尾側から椎弓根スクリューを刺入すると、椎骨動脈を損傷する可能性がある(★印)。椎骨動脈損傷を避けるためには、C2椎弓上縁の延長線上から内側に向けてスクリューを刺入するのが望ましい(点線矢印)。



Tan法では、後弓の硬い皮質骨を咬み込んで
 スクリューが刺入されるため、固定力は強固
 であり、前方の骨皮質を無理に貫通する必要
 はない(図9f)。

◎ **C2椎弓根スクリュー刺入における注意点**

C2椎弓根の内縁を直視できることから、C2
 椎弓根スクリューはMagerlスクリューに比べて
 安全に刺入可能であるといわれている。しか
 し、解剖学的な検討では、high-riding VAに対
 しては、C2椎弓根スクリューもMagerlスクリ
 ユーも同等に椎骨動脈損傷のリスクがあると
 の報告もある¹⁶⁾。とくに、high-riding VA例に
 対してC2椎弓の尾側から椎弓根スクリューを
 刺入すると、椎骨動脈損傷を生じる危険性が
 大きい(図10の★印)。

椎骨動脈損傷を避けるためには、錠ら⁸⁾が述
 べているように、C2椎弓上縁の延長線上に刺
 入点を取り、内側に向けてスクリューを刺入
 するのが望ましい(図10の点線矢印)。

◎ **術中矯正、除圧、骨移植**

C1外側塊スクリューとC2椎弓根スクリュー
 をロッド、あるいはプレートで連結する際に、
 C1-2アライメントの矯正が可能である。

C1後弓を部分切除、あるいは切除しても固
 定性に影響が及ばない。C1の發育性狭窄例、
 C1-2の非整復例に対して、従来ではC1後弓切
 除+後頭骨頸椎後方固定が適応された。しか
 し、このような例に対しても、C1外側塊スク
 リューを使用することにより、C1での除圧を
 併用しつつC1-2固定での対処が可能となった
 (図8, 9)¹⁴⁾。

骨移植については、C1後弓が部分的に残っ
 ていれば、それを母床にすることが可能であ
 る(図9◎)。C1後弓の中央部を切除した場合で
 も、残存するC1後弓外側部分を母床に骨移植
 が可能である(図8◎)。また、C1-2関節まで到
 達できれば、関節内に骨移植を行うことも可
 能である。

Magerlスクリュー、およびC1外側塊スクリ
 ユーを用いた環軸椎固定術について、著者の
 経験に最近の報告を交えて解説した。両術式
 それぞれに、利点および注意点が存在する。
 それらを十分に吟味したうえで、症例ごとに
 術式として採用すべきである。最後に、両術
 式ともに椎骨動脈損傷のリスクが少なからず
 存在することを念頭におく必要があり、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) 佐藤 栄ほか：環軸椎亜脱臼：Magerl+Brooks
 法。脊椎外傷の手術療法，岩本幸英編。新OS
 NOW, No.3. メジカルビュー社，東京，1999, p11-17.
- 2) 伊藤達雄：Magerl and Brooks法。上位頸椎の臨
 床，富永積生，伊藤達雄編。南江堂，東京，2000,
 p87-95.
- 3) 石井祐信：環軸椎後方固定術(Magerl法)。執刀
 医のためのサージカルテクニック 脊椎，徳橋
 泰明編。メジカルビュー社，東京，2004, p136-
 147.
- 4) 川原範夫ほか：後頭骨・環軸椎後方固定術と
 Magerl手術。脊椎外科の要点と盲点：頸椎，馬場
 久敏編。文光堂，東京，2005, p166-169.
- 5) Neo M, et al : A safe screw trajectory for
 atlantoaxial transarticular fixation achieved using
 an aiming device. Spine, 30 : E236-E242, 2005.
- 6) Goel A, et al : Plate and screw fixation for
 atlanto-axial subluxation. Acta Neurochir (Wien),
 129 : 47-53, 1994.
- 7) Harms J, et al : Posterior C1-C2 fusion with
 polyaxial screw and rod fixation. Spine, 26 :
 2467-2471, 2001.
- 8) 錠 邦芳ほか：環椎外側塊スクリュー。整・災
 外, 49 : 361-369, 2006.
- 9) 山崎正志ほか：上位頸椎手術における三次元血
 管造影法(3D-CTA)の有用性。整形外科, 55 :
 101-106, 2004.
- 10) Yamazaki M, et al : Anomalous vertebral artery
 at the extraosseous and intraosseous regions of

- the craniovertebral junction: analysis by three-dimensional computed tomography angiography. *Spine*, 30 : 2452-2457, 2005.
- 11) Yamazaki M, et al : Abnormal course of the vertebral artery at the craniovertebral junction in patients with Down syndrome visualized by 3-dimensional CT angiography. *Neuroradiology*, 2008 Mar. 7(Epub ahead of print).
- 12) Tan M, et al : Morphometric evaluation of screw fixation in atlas via posterior arch and lateral mass. *Spine*, 28 : 888-895, 2003.
- 13) Yamazaki M, et al : Surgical simulation of instrumented posterior occipitocervical fusion in a child with congenital skeletal anomaly. *Spine*, 17 : E590-E594, 2006.
- 14) Yamazaki M, et al : C1 dome-like laminotomy and posterior C1-C2 polyaxial screw-rod fixation for a patient with cervical myelopathy due to retro-odontoid pseudotumor: technical note. *J Clin Neurosci*, in press.
- 15) Currier BL, et al : Anatomic relationship of the internal carotid artery to the C1 vertebra : A case report of cervical reconstruction for chordoma and pilot study to assess the risk of screw fixation of the atlas. *Spine*, 28 : E461-E467, 2003.
- 16) 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.

〔総説〕 頰椎症性神経根症に対する治療

宮下 智大 山崎 正志 大河 昭彦
国府田 正雄 高橋 和久

(2007年12月11日受付)

要 旨

頰椎症性神経根症は日常的に診察する機会の多い疼痛疾患である。多くは保存療法で対処するが、保存療法で軽快しない例や神経症状の強い例では手術療法が行われることもある。しかし治療法についての明確な基準がなく、治療法が医師により大きく異なっているというのが実情である。

保存療法として頻用されるカラー固定、牽引療法は概ね良好な成績の報告が多い。薬物療法、神経ブロック療法も行われるが、いずれもエビデンスに乏しく経験論に基づいたものであることが多い。

手術療法は非常に有効であることが多い。しかし、手術の適応、タイミング、術式にコンセンサスがなく、手術療法の評価が適切に行われていない。

保存療法と手術療法の比較では、手術療法により早期の症状改善が得られるが、長期的な成績は保存療法と差がないとする報告が多い。しかし、保存療法と手術療法を比較した質の高い研究はなく、今後の検討が待たれる。

Key words: 頰椎症性神経根症, 保存療法, 手術療法

はじめに

頰椎症性神経根症は変形性脊椎症、椎間板ヘルニアなどにより起こる頻度の高い疼痛疾患である。日常的に診察する機会の多い疾患であるにも関わらず、治療法が医師により大きく異なっているというのが実情である。今回、頰椎症性神経根症の治療について文献的に考察を行った。

経根障害と定義され、発生因子としてLuschka関節・椎間関節に生じた骨棘、膨隆椎間板、靭帯肥厚、神経根鞘周囲線維組織が指摘されている。頰椎症性神経根症に椎間板ヘルニアを含めるか意見は分かれるが、今回の考察では便宜上含めることとした。

当科における治療の現況

当科では原則として保存療法を施行している。保存療法としては薬物療法やカラー固定が行われている。保存療法に抵抗性の症例に限り手術を

頰椎症性神経根症の定義

頰椎症性神経根症は椎間孔狭窄による圧迫性神

千葉大学大学院医学研究院整形外科

Tomohiro Miyashita, Masashi Yamazaki, Akihiko Okawa, Masao Koda and Kazuhisa Takahashi: The treatment for cervical spondylotic radiculopathy.

Department of Orthopedic Surgery, Graduate School of Medicine, Chiba University, Chiba 260-8670.

Tel. 043-226-2117. Fax. 043-226-2116.

要旨は第9回ちば脊椎カンファレンスにおいて研究発表として講演した。

Received December 11, 2007.

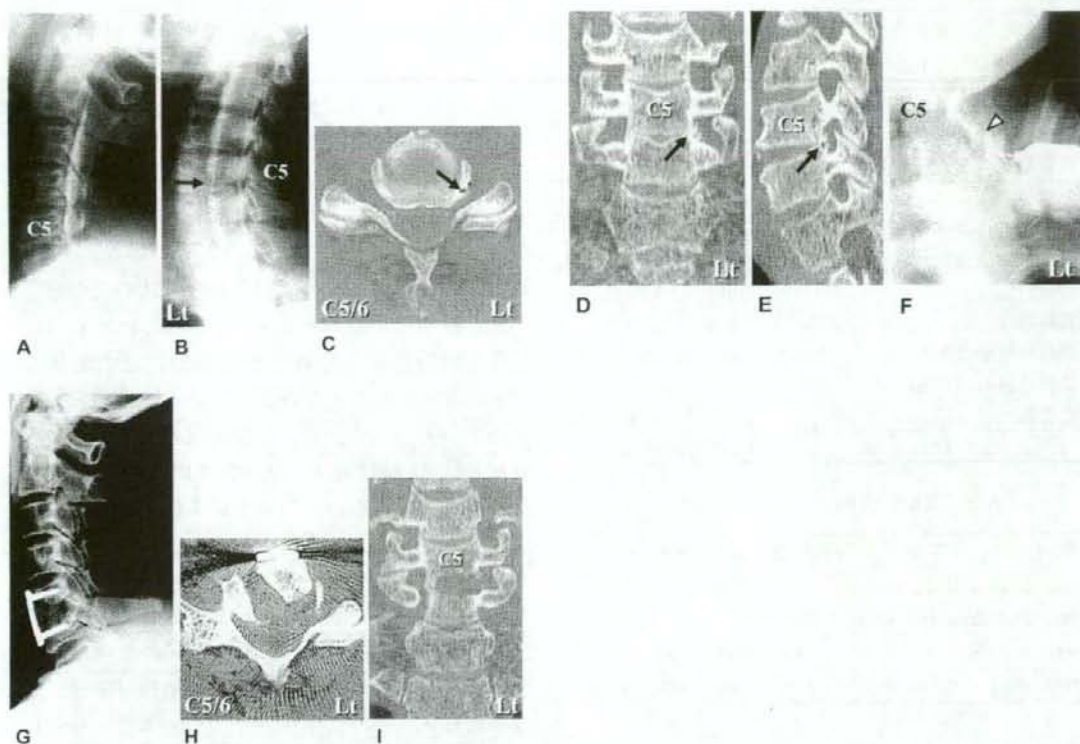


図1 症例。60歳男性。前方除圧固定術施行例。

数年前から頑固な頸部痛および左上肢痛が出現し、保存療法にて疼痛は軽快しなかった。頸椎単純X線像で、C5/6椎間に頸椎症性変化を認めた。MRIでは脊髄および神経根の圧迫所見は確認できず、診断に難渋した。脊髄造影検査で造影剤の通過は良好であったが(A)、斜位像で左C6神経根嚢像の描出が一部不良であった(B)。脊髄造影後CTでは、C5/6高位で左椎間孔が軽度狭小化していたが、明らかな神経根の圧迫を示唆する所見ではなかった(C)。しかし、MPR画像を作成することにより、左C5/6椎間孔への骨棘の突出が確認され、左C6神経根の圧迫による神経根症が疑われた(D、E)。診断確定のため、左C6神経根造影および神経根ブロックを行った(F)。1%キシロカイン2mlおよびデカドロン4mgを注入後、疼痛は一時的ではあるが完全に消失した。

手術はC5-6前方除圧固定術が行われた。顕微鏡視下にC5/6左側の骨棘を完全に開削し、左C6神経根を開放した。腸骨からの自家骨移植を行い、プレート固定を併用した(G)。術後CT・MPR像で、左C5/6椎間孔に存在した骨棘が完全に切除されていることが確認された(H、I)。術直後から頸部痛および左上肢痛は完全に消失し、頸椎カラー固定を行わずに歩行可能となった。

(A) 術前脊髄造影側面像、(B) 術前脊髄造影斜位像、矢印: 左C6神経根嚢像の一部描出不良、(C) 術前脊髄造影後CT水平断像C5/6高位、矢印: 左椎間孔の軽度狭小、(D) 術前脊髄造影後CT・MPR前額断像、矢印: 左C5/6椎間孔への骨棘突出、(E) 術前脊髄造影後CT・MPR斜位像、矢印: 左C5/6椎間孔への骨棘突出、(F) 術前神経根造影像、矢印: 左C6神経根、(G) 術後単純X線側面像、(H) 術後単純CT水平断像C5/6高位、(I) 術後単純CT・MPR前額断像。

行っており、術式としては前方除圧固定術を行っている(図1)。手術が適応となる症例は少なく、1998年4月～2007年3月の10年間における当科での全頸椎手術402例中、頸椎症性神経根症に対する手術はわずか3例(0.7%)であった(表1)。

自然経過

頸椎症性神経根症の自然経過に関する報告は散見されるが、いずれの報告でも多くの症例が改善することが示されている(表2)[1-4]。また、Radhakrishnanら[5]の報告では、561例中の26%が手術となったが(このうちの94%が経過観察開始後3ヵ月以内)、最終的には残りの74%の保存

表1 頸椎手術例の内訳
(1998.4-2007.3 千葉大学整形外科)

病名	症例数 (%)
頸椎症性脊髄症	138例 (34.3%)
後縦靭帯骨化症 (脊髄症)	92例 (22.9%)
頸髄腫瘍	52例 (12.9%)
椎間板ヘルニア (脊髄症)	49例 (12.2%)
環軸椎関節亜脱臼	27例 (6.7%)
頸椎外傷	18例 (4.5%)
頸椎腫瘍	8例 (2.0%)
頸椎症性筋萎縮症	8例 (2.0%)
頸椎症性神経根症	3例 (0.7%)
その他	7例 (1.7%)
計	402例 (100%)

表2 頸椎症性神経根症の自然経過

年	報告者	症例数	改善	不変	悪化
1963	Lees and Turner	51	73%	25%	2%
1965	DePalma and Subin	255	78%	22%	
1997	田中ら	43	95%	5%	0%
1999	小田	137	59%	28%	13%

療法例も含め、全体の90.5%の症例で症状が消失または改善している。

保存療法

日常の外来診療で広く行われている治療法としてカラー固定がある。Boyce and Wang[6]はカラーの装着期間として2週間を推奨しており、長期の装着はかえって症状の悪化を招くとしている。橋ら[7]は夜間のみでの装着でも有効であり、多くの症例で装着後3ヵ月程度で神経症状の改善が観察されると述べている。Lees and Turner[1]はカラーを装着することによって18例中12例で疼痛が軽減されたが、カラー以外の治療法でも25例中15例で改善が認められ、無治療であっても5例中3例が改善し、最終的には結果は同じであるとしている。

次に牽引療法について述べる。服部[8]は間歇牽引では3~4週で効果が現れることが多く、有効率は56%と報告している。小野と富士[9]は間歇牽引の有効率は頸椎症の場合69%、椎間板ヘルニアの場合82.4%であり、病態による効果の違いを報告している。また、南野ら[10]は有効率

73.7%としているが、運動障害のある44.4%、感覚障害のある33.3%の症例で効果が認められなかったとしている。Martin and Corbin[11]は頸椎椎間板ヘルニア61例に対する間歇牽引(牽引前に温熱療法とマッサージを併用)について述べ、6ヵ月以内に67.2%が改善し、13.1%がわずかに改善し、19.7%が不変であったとしている。また、多くは最初の4~5日に明らかな症状の緩和を認めたと述べている。持続牽引の効果については、鷺見ら[12]は6ヵ月以上経過観察できた59例の81%が改善したことを報告している。千葉ら[13]は93例中60%で牽引後に改善が認められ、平均5年8ヵ月遠隔調査しえた37例中81%に改善を認めたと報告している。このように牽引療法に関しては概ね良好な成績の報告が多い。

薬物療法は保存療法の中でも頻用される治療法である。その中でも疼痛に対する非ステロイド性消炎鎮痛薬(NSAIDs)が第一選択の薬物として使用されることが多い。また、末梢神経障害に適応のあるメコパロミン(メチコパール[®])も使用される。NSAIDsが無効なほどの激痛に対してはオピオイドやステロイドが使用されることもある。慢性期の疼痛に対しては漢方薬やワクシニアウイルス接種家兎炎症皮膚抽出液(ノイロトロン[®])もしばしば使用される。その他にプロスタグランジンE₁(PGE₁)が有効であったとする報告がある[14,15]。中田ら[15]は、PGE₁は運動障害よりも疼痛・しびれに有効であり、sensory evoked potentialの振幅も増大させると報告している。薬理作用としては血流改善作用以外にもmicrogliaからのnitric oxideやTNF- α といったサイトカインの放出を阻害して神経細胞を保護したり[16]、神経細胞に直接作用しアポトーシスを抑制することが報告されている[17]。しかし、いずれの薬剤も効果についてのエビデンスに乏しく、ほとんど経験論でしかない。

保存療法の一つとして様々な神経ブロック療法も行われる。椎弓間経路あるいは椎間孔経路でステロイド硬膜外投与については、Bushら[18]の前向き研究で92.3%の症例が神経根性疼痛や頸部痛から解放され日常生活へ復帰したと報告されている。Valleeら[19]は椎間孔経路での投与後14日で神経根性疼痛の62%、頸部痛の59%が軽快し、3ヵ

月後および6ヵ月後でも53%が軽快状態を維持していたと報告している。しかし椎骨動脈や前神経根動脈への誤注入によると思われる脳幹梗塞や脊髄梗塞の報告や[20,21]、硬膜外ブロックがくも膜下ブロックとなり呼吸停止を引き起こすこともまれではないとの報告があり[22]、リスクを伴う手技である。また、腰椎に対する硬膜外ステロイド投与の有効性を示す客観性の高い臨床研究はないのが現状で[23]、頸椎に関しても同様である。その他星状神経節ブロック、後頭神経ブロック、肩甲上神経ブロック、トリガーポイントブロックなどが挙げられるが、やはり臨床的有用性についての客観性の高い研究はない。

保存療法の期間は文献的に1週[24]から3年[3]とかなり幅が広く、実際の臨床でも長期に保存療法が行われていることはよく経験されることである。The British association of physical medicine[25]の報告では、466名の患者に対する保存療法ではいずれの方法でも4週で74~81%で疼痛が改善したとあり、これも臨床でよく経験されることである。Saalら[26]は、保存療法を行えた24例で1年以上経過後neurologic lossを生じたものはないとしている。

手術療法

手術療法としては大きく分けて前方法と後方法がある。前方法ではさらに椎体固定術を行う場合と行わない場合に分けられる。鈴木[27]が本邦において初めての前方固定術の報告を行って以来、初期より90%の改善率という良好な成績が報告されている[28]。Casha and Fehlings[29]は、前方固定術後2年で68.7%の神経症状と76.6%の疼痛が改善したと報告している。Hackerら[30]も術後2年で8割の症例に改善を認めたと述べている。Martins[31]は、椎間板ヘルニアに対する椎間板切除術では固定の有無に関わらずどちらも92%が良好な成績であったと報告している。その他にも固定の有無と臨床成績には関係がないとする報告が散見され[32-34]、固定の必要性についてはいまだ議論となっている。また、本邦では認可されていないが、海外では人工椎間板が臨床応用されている[35]。

後方から行われる椎間孔拡大術でも成績良好であるとする報告は多く、Williams[36]は難治性の根性痛を伴う235例の96.5%が術後3日以内に根性痛が消失したと報告している。Scovilleら[37]は椎間板ヘルニアの246例のうち男性の96%、女性の100%が術前と同じ仕事に復帰したと報告している。Hendersonら[38]は736例の96%の上肢痛と98%の筋力低下が消失したと述べている。

神経根の圧迫因子が椎間板ヘルニアでも骨棘であっても術後の成績に差がないとする報告がある一方で[33,37,38]、頸椎症より椎間板ヘルニアによるものの方が成績が良いとする報告もある[31,32]。手術のアプローチとしては上述のように前方法でも後方法でも良好な成績の報告が多数認められるが、これらの報告では無作為比較試験がなされていないため、術式の優劣は判断できない。Herkowitzら[39]は、椎間板ヘルニアに対して前方法と後方法を無作為に振り分け比較したところ統計学的な有意差は認めなかったが、前方法の方が成績が良い傾向にあったと述べている。

手術は多くの場合、非常に効果的である[40]。しかし報告により良好な結果を示すものと重い症状が残存するものと2つに分かれるのも事実であり、前者には慢性期の症例が含まれていないことを指摘する論文もある[41]。手術に踏み切るタイミングについては、Murpheyら[24]は1週間、Albert and Murrell[42]は6週間、Herkowitzら[39]は3ヵ月の保存療法でも症状が続くものとしているが、Heckmannら[41]は患者ごとの症状や社会環境により異なることを指摘しており、Sampathら[40]は手術のタイミングのガイドとなるデータがないことを指摘している。

手術の適応に関しては、本邦と欧米との違いが顕著である。欧米、特に米国では積極的に手術療法が行われており、多数の手術件数を報告している論文が多い[24,29,30,33,34,36-38]。しかし本邦では原則として保存療法を施行している施設が圧倒的に多く、手術療法となる患者の割合はわずかである。国分[43]は東北大学とその関連施設の10年間の頸椎手術3977例のうち頸椎症性神経根症に対する手術は194例5%に過ぎなかったと述べている。既に述べたように当科でも0.7%と非常に少ない結果となっている。その理由について明確

に述べた文献はないが、われわれは現時点で以下のように考察している。本邦と欧米、特に米国の医療を比較した場合、健康保険の制度および医師の給与体系が大きく異なっている。一部の例外は否定できないが、本邦では患者が比較的少ない経済負担で保存療法を長期間にわたって受けることが可能であり、このことが本邦での保存療法の普及の一因となっていると考えられる。また、米国の医師の給与体系は基本的には出来高制であり、手術の数が増えれば医師の収入が増す仕組みになっている。手術により劇的に疼痛が消失するという利点と併せれば、米国の整形外科医が煩雑な保存療法を敬遠し積極的に手術治療を選択することも納得できる。ただ本邦で保存療法の有効性を実感している立場からみれば、米国では不必要な手術が相当数行われていると言わざるをえない。しかしながら、本邦でも近年保存療法に固執することに対する懸念が論じられており、適用があれば手術を積極的に行うべきとの意見も散見される。田中ら[44]は、本邦で手術治療が敬遠される理由として、①保存療法で改善しないはずがないという先入観、②手術選択の基準および時期が不明、③障害神経根の診断が容易でない、④椎間板ヘルニアあるいは骨棘の病態別の手術成績が明らかでない、⑤神経根症の手術そのものに馴染みがない、などの点を指摘している。今後は本邦においても手術治療の適応が拡大していくことが予測される。

現状では手術の適応やタイミングにコンセンサスがなないため、手術療法の評価が適切に行われていないことが問題である。この点は今後十分に議論される必要がある。

保存療法と手術療法の比較

最後に保存療法と手術療法を比較した報告を見る。Sampathら[40]は評価方法の欠点をいくつか指摘しつつも、prospective studyで保存療法に比べ手術療法の方が症状はより重いにも関わらず術後の症状の改善はより良いと報告している。Perssonら[45]は手術、物理療法、カラー固定の比較で、治療開始後14～16週ではカラー固定に比べ手術で有意に疼痛の改善が認められたが、さら

に12ヵ月経過時ではいずれの方法でも同程度の効果であったことを報告している。Rothman and Rashbaum[46]も5年経過時で手術療法と保存療法で差がないことを示し、保存療法を勧めている。しかし、保存療法と手術療法を比較した質の高い研究はなく[47]、また現実的には治療を行っていく上でprospectiveに保存療法と手術療法を比較することは困難である。Heckmannら[41]は、手術例は経過が長く症状も重い場合、保存例との統計学的な比較は不適切であると述べている。

結 語

頸椎症性神経根症に対する治療について文献的に考察した。頸椎症性神経根症の多くは保存治療により軽快するが、エビデンスに乏しい。手術療法により早期の症状改善が得られるが、長期的な成績は保存療法と差がないとする報告が多い。保存療法と手術療法を比較した質の高い研究はなく、今後の重要な課題である。

謝 辞

本研究発表に御協力いただいた門田 領、萬納寺 誓人、川辺 純子、林 浩一、藤由 崇之、遠藤 友規、古矢 丈雄先生および千葉大学整形外科学教室頸椎脊髄診療班の諸先生に深謝する。

SUMMARY

Cervical spondylotic radiculopathy (CSR) is a degenerative condition involving the vertebral disc and its adjacent structures, which causes radicular pain at patients' neck and upper extremity. Although CSR is a common disease, standard rules for deciding the treatment procedure have not been fully established. In this paper, we reviewed current information on the therapeutic method for CSR.

Accepted general approaches to the management of CSR are the use of cervical collar, cervical traction, medication and nerve block therapy. Many authors described that patients treated with these procedures recovered well. At present, however, the level of evidence for such conservative treatment is not necessarily high.

Surgical treatment is very effective for relieving the radicular pain. However, enough consensus has not been provided regarding the indication and timing of surgery. In addition, standardized system has not

been established for adequately evaluating the effect of surgery for CSR.

It has been established that early symptom improvement can be provided by operative treatment. However, studies also showed that there was no difference between the long-term results after conservative therapy and those after surgical treatment. Thus far, there has not been a high quality study that compares operative treatment with conservative therapy, and a further analysis will be required.

文 献

- 1) Lees F, Turner JWA. Natural history and prognosis of cervical spondylosis. *Br Med J* 1963; 2: 1607-10.
- 2) DePalma AF, Subin DK. Study of the cervical syndrome. *Clin Orthop* 1965; 38: 135-42.
- 3) 田中靖久, 国分正一, 佐藤哲朗, 小沢浩司. 頸部神経根症に対する保存的治療の成績とその予測. 整・災外 1997; 40: 167-74.
- 4) 小田裕胤. 疫学・自然経過. 越智隆弘, 菊地臣一, NEW MOOK 整形外科 No. 6 頸椎症. 東京: 金原出版. 1999: 22-9.
- 5) Radhakrishnan K, Litchy WJ, O'Fallon WM, Kurland LT. Epidemiology of cervical radiculopathy: a population-based study from Rochester, Minnesota, 1976 through 1990. *Brain* 1994; 117: 325-35.
- 6) Boyce RH, Wang JC. Evaluation of neck pain, radiculopathy, and myelopathy: imaging, conservative treatment, and surgical indications. *Inst Course Lect* 2003; 52: 489-95.
- 7) 橋 滋国, 山崎義矩, 石渡雅男. 頸椎症性神経根症の治療 - 頸椎椎間板症の保存的治療を中心に -. *日脊会誌* 2002; 13: 454-9.
- 8) 服部 奨. 頸部脊椎骨軟骨症性神経根症の保存的治療. 伊丹康人, 西尾篤人, 整形外科 MOOK 増刊 1-A 保存療法. 東京: 金原出版. 1983: 27-32.
- 9) 小野啓郎, 富士武史. 外来での頸椎牽引療法. 伊丹康人, 西尾篤人, 整形外科 MOOK 増刊 1-A 保存療法. 東京: 金原出版. 1983: 1-7.
- 10) 南野光彦, 伊藤博元, 服部幹彦. 頸椎間歇牽引療法. *MB Orthop* 2003; 16: 23-30.
- 11) Martin GM, Corbin KB. An evaluation of conservative treatment for patients with cervical disk syndrome. *Arch Phys Med Rehabil.* 1954; Feb: 87-92.
- 12) 鷺見正敏, 庄 智矢, 片岡 治, 広瀬哲司. 頸椎症性神経根症および脊髄症に対する頸椎持続牽引療法の治療成績. 整形外科 1991; 42: 640-5.
- 13) 千葉英史, 仲野靖司, 磯見 卓, 三浦竹彦, 浜辺正樹, 青木治人. Good Samaritan 頸椎牽引法の治療成績. *東日本臨整会誌* 1993; 5: 526-31.
- 14) 福井晴偉, 森岡幸彦. 頸椎椎間板ヘルニアの神経根症状に対する Lipo Prostaglandin E₁ 静注法の検討. *ペインクリニック* 1994; 15: 149-51.
- 15) 中田信昭, 松田英雄, 近藤正樹, 西村典久, 河合栄蔵, 宮脇裕二, 坂部賢治, 山田純司, 奥田 均, 島津 晃. 頸髄症および頸神経根症に対する Prostaglandin E₁ の効果について. *中部整災誌* 1983; 26: 1186-9.
- 16) Chuai M, Ogata T, Morino T, Okumura H, Yamamoto H, Schubert P. Prostaglandin E₁ analog inhibits the microglia function: suppression of lipopolysaccharide-induced nitric oxide and TNF- α release. *J Orthop Res* 2002; 20: 1246-52.
- 17) 河村 透, 晶 利明. プロスタグランディンによる神経アポトーシス抑制. *医学のあゆみ* 2000; 193: 251-2.
- 18) Bush K, Chaudhuri R, Hillier S, Penny J. The pathomorphologic changes that accompany the resolution of cervical radiculopathy. A prospective study with repeat magnetic resonance imaging. *Spine* 1997; 22: 183-7.
- 19) Vallee JN, Feydy A, Carlier RY, Mutschler C, Mompoin D, Vallee CA. Chronic cervical radiculopathy: lateral-approach periradicular corticosteroid injection. *Radiology* 2001; 218: 886-92.
- 20) Rathmell JP, April C, Bogduk N. Cervical transforaminal injection of steroids. *Anesthesiology* 2004; 100: 1595-600.
- 21) Brouwers PJAM, Kottink EJBL, Simon MAM, Prevo RL. A cervical anterior spinal artery syndrome after diagnostic blockade of the right C6-nerve root. *Pain* 2001; 91: 397-9.
- 22) 柴田政彦, 真下 節. 頸椎症性神経根症の治療. *日脊会誌* 2002; 13: 446-9.
- 23) Sanders HS. Nerve block therapy for low back pain: show me the money and the science. *APS Bulletin* 2002; 12: 1-4.
- 24) Murphey F, Simmons JCH, Brunson B. Surgical treatment of laterally ruptured cervical disc: review of 648 cases, 1939 to 1972. *J Neurosurg* 1973; 38: 679-83.
- 25) The British association of physical medicine. Pain in neck and arm: a multicentre trial of the effects of physiotherapy. *Br Med J* 1966; 1: 253-8.
- 26) Saal JS, Saal JA, Yurth EF. Nonoperative management of herniated cervical intervertebral disc with radiculopathy. *Spine* 1996; 21: 1877-83.
- 27) 鈴木次郎. 頸椎に対する前方直達手術の経験について. *日整会誌* 1960; 34: 1018.
- 28) 黒岩瑋光. 頸部椎間板症に対する前方椎体固定術の臨床的研究 - 特にX線学的検討 -. *日整会誌* 1973; 47: 769-92.
- 29) Casha S, Fehlings MG. Clinical and radiological evaluation of the Codman semiconstrained load-sharing anterior cervical plate: prospective multicenter trial and independent blinded evaluation of outcome. *J Neurosurg (Spine 3)* 2003; 99: 264-70.
- 30) Hacker RJ, Cauthen JC, Gilbert TJ, Griffith SL. A prospective randomized multicenter clinical evaluation of an anterior cervical fusion cage. *Spine* 2000; 25: 2646-55.
- 31) Martins AN. Anterior cervical discectomy with and without interbody bone graft. *J Neurosurg* 1976; 44: 290-5.
- 32) Murphy MG, Gado M. Anterior cervical discectomy without interbody bone graft. *J Neurosurg* 1972; 37: 71-4.

- 33) Lunsford LD, Bissonette DJ, Jannetta PJ, Sheptak PE, Zorub DS. Anterior surgery for cervical disc disease. *J Neurosurg* 1980; 53: 1-11.
- 34) Grisoli F, Graziani N, Fabrizi AP, Peragut JC, Vincentelli F, Diaz-Vasquez P. Anterior discectomy without fusion for treatment of cervical lateral soft disc extrusion: a follow-up of 120 cases. *Neurosurgery* 1989; 24: 853-9.
- 35) Hacker RJ. Cervical disc arthroplasty: a controlled randomized prospective study with intermediate follow-up results. *J Neurosurg Spine* 2005; 3: 424-8.
- 36) Williams RW. Microcervical foraminotomy. *Spine* 1983; 8: 708-16.
- 37) Scoville WB, Dohrmann GJ, Corkill G. Late results of cervical disc surgery. *J Neurosurg* 1976; 45: 203-10.
- 38) Henderson CM, Hennessy RG, Shuey HM, Shackelford EG. Posterior-lateral foraminotomy as an exclusive operative technique for cervical radiculopathy: a review of 846 consecutively operated cases. *Neurosurgery* 1983; 13: 504-12.
- 39) Herkowitz HN, Kurz LT, Overholt DP. Surgical management of cervical soft disc herniation: a comparison between the anterior and posterior approach. *Spine* 1990; 15: 1026-30.
- 40) Sampath P, Bendejba M, Davis JD, Ducker T. Outcome in patients with cervical radiculopathy. Prospective multicenter study with independent clinical review. *Spine* 1999; 24: 591-7.
- 41) Heckmann JG, Lang CJG, Zobelein I, Laumer R, Druschky A, Neundorfer B. Herniated cervical intervertebral discs with radiculopathy: an outcome study of conservative or surgically treated patients. *J Spinal Disord* 1999; 12: 396-401.
- 42) Albert TJ, Murrell SE. Surgical management of cervical radiculopathy. *J Am Acad Orthop Surg* 1999; 7: 368-76.
- 43) 国分正一. 頸部神経根症 - 病態と臨床を再考する. *脊椎脊髄* 1999; 12: 753.
- 44) 田中靖久, 国分正一, 佐藤哲朗, 小沢浩司, 石井祐信, 山崎伸. 頸部神経根症の手術. *脊椎脊髄* 1999; 12: 791-6.
- 45) Persson LCG, Carlsson C, Carlsson JY. Long-lasting cervical radicular pain managed with surgery, physiotherapy, or a cervical collar: a prospective, randomized study. *Spine* 1997; 22: 751-8.
- 46) Rothman RH, Rashbaum RF. Pathogenesis of signs and symptoms of cervical disc degeneration. *Instr Course Lect* 1978; 27: 203-15.
- 47) Fouyas IP, Statham PFX, Sandercock PAG. Cochrane review on the role of surgery in cervical spondylotic radiculomyelopathy. *Spine* 2002; 27: 736-47.

頰椎・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—

山崎正志*

Abstract：我々は頰椎・胸椎の非定型手術について、症例のCTデータをもとに3次元実体模型を作成し手術に応用している。今回は自験例20例を解析し、その有用性を検討した。3次元実体模型を用いた術前手術シミュレーションにより、具体的な手術計画を事前に立てることが可能となった。特に、骨系統疾患例、外傷後脊柱変形例では、インストゥルメンテーションの適合性、設置方法を事前に検討でき、その有用性を実感した。術中ナビゲーションとしては、術野と模型を対比することにより、従来では展開が危険と思われる部位に対しても自信を持って展開を進めることができた。特に再手術例で瘢痕形成が著しい例で、模型によるナビゲーションが有効であった。椎弓根スクリュー刺入点の同定、椎骨動脈の走行把握においても、その有用性が顕著であった。3次元実体模型を用いることにより、頰椎・胸椎手術の精度・安全性を向上させることが可能である。

(J MIOS, No. 49 : 25-34, 2008.)

はじめに

頭蓋顔面領域の外科手術に際しては、3次元実体模型を臨床応用して手術の精度を向上させる試みが以前から行われている¹⁾。この領域では、すでに多くの施設が「実物大臓器立体モデルによる手術計画」と題する高度先進医療の承認のもと、3次元実体模型を臨床の場で積極的に使用している。

脊椎脊髄領域の手術でも、局所解剖を立体的にイメージすることが重要である。我々は2003年以降、術野の解剖学把握が特に重要と考えられる頰椎・胸椎の非定型手術例については、症例の

CTデータをもとに3次元実体模型を作成し、手術プランニング、手術シミュレーションを行ってきた。さらに、術中は模型と術野を対比することによるナビゲーションを行い、手術の精度向上につとめている。今回は、これまでの3次元実体模型使用の手術例を解析し、その有用性を検討した。

3次元実体模型作成の実際

1. 対象症例

2003年4月～2005年10月までの期間に、千葉大学および関連施設にて3次元実体模型を作成した頰椎・胸椎手術例は20例である(表1)。内訳は上位頰椎が4例(症例1～4)、中下位頰椎が7例

Key words：3次元実体模型(3-D full-scale model) 手術シミュレーション(surgical simulation)
術中ナビゲーション(intraoperative navigation) 頰椎(cervical spine)
胸椎(thoracic spine)

* Yamazaki Masashi, 〒260-8677 千葉県千葉市中央区亥鼻1-8-1 千葉大学大学院医学研究院整形外科学、准教授