 原 著

環椎，軸椎骨折および脱臼症に対する外科的治療法

水野 順一， 中川 洋， 張 漢秀， 渡部 剛也， 犬飼 崇

Surgical Strategies to Fracture and Dislocation of the Atlas and Axis

by

Junichi Mizuno, Hiroshi Nakagawa, Han-Soo Chang, Takeya Watabe, Takashi Inukai

from

Department of Neurological Surgery

Aichi Medical University

<Object> This study was conducted to determine the optimal surgical intervention associated with performing vertebral reconstruction in cases of fracture and dislocation of C1 and C2.

<Methods> Between 1984 and 1999 twenty-five patients underwent surgical treatment for correction of traumatic C1 and C2 lesions. There were 21 men and 4 women, with ages ranging from 17 years to 62 years (mean age: 36 years). The pattern of C1 and C2 injury included 4 complex C1-2 fractures, 13 C2 odontoid fractures, 3 hangman's fractures of C2 and 5 atlantoaxial dislocations (AAD) (3 irreducible AAD and 2 reducible AAD). Seven patients underwent posterior fixation with monofilament wire and an iliac bone graft in the pre-instrumentation era. Four patients underwent posterior fusion with an interlaminar clamp and an iliac bone graft, four underwent posterior fusion with multifilament wire and an iliac bone graft, three of the hangman's fracture cases underwent anterior fusion with anterior plating and an iliac bone graft, three underwent posterior fusion with a transarticular screw, multifilament wire and an iliac bone graft, in four odontoid screws were placed (two of which needed an additional transarticular screw) and three underwent one staged-transoral decompression and posterior fusion. There were no operative deaths or neurological sequelae following surgery.

<Conclusion> Surgical correction of traumatic C1 and C2 lesions has an important role to avoid progressive neurological sequelae. Tailored surgery should be performed taking into consideration the pattern of injury, the degree of instability, reducibility and the severity of cord compression.

Key word: atlas, axis, injury, instrumentation, fusion

Spinal Surgery 15 (2) : 91~96, 2001

はじめに

環椎，軸椎は第3頸椎以下とは異なった解剖を有するため，環椎，軸椎の骨折や脱臼に対しては，適切な画像診断に基づく外科的治療が必要である．そのためには各症例について，骨折の形態，靱帯損傷の有無，不安定性，脊髓圧迫の程度などに留意して慎重に検討することが重要となる．これらの検索は主として頸椎単純撮影，動態

撮影，computerized tomography (CT)，magnetic resonance (MR) imaging によってなされる．

この部位に対する外科的治療法として種々の後方固定術が考案されたが〔5，6，13，14，24〕，近年チタン性のインスツルメントを使用する spinal instrumentation の技術が急速に普及し，それまでのモノフィラメントと腸骨移植およびハローベスト装着とい

(Received : March 2, 2001, Accepted : May 21, 2001)

愛知医科大学 脳神経外科 (連絡先: 水野 順一, 〒480-1195 愛知県愛知郡長久手町大字岩作字雁又21) Address reprint request to: Junichi Mizuno, M.D., Department of Neurological Surgery, Aichi Medical University Nagakute, Aichi-gun, Aichi, 480-1195, Japan

Fig.1 (case 1)

1a,c: Plain lateral radiograph and CT showing complex C1-C2 fracture (C1 burst fracture and C2 odontoid fracture)

1b: Postoperative radiograph showing anterior fixation with odontoid screw

った定型的な外科的治療法は徐々に減少し、強い内固定を行ったうえでハローベスト装着をできるかぎり避ける方法が主流になりつつある [28, 29]。また後頭骨を含めた固定も頸部の可動性を著しく制限するため、できれば後頭骨とは関係なく環椎、軸椎以下での短い固定法が望ましい [26]。しかしながら骨折や脱臼の形態、靱帯損傷のバリエーションは大きく、定型的手術方法の決定はなかなか困難であることが多い。本論文ではわれわれの教室で経験した症例をretrospectiveに検討し、環椎、軸椎の外傷性病変の外科的治療方法について検討する。

対 象

1984年から1999年までに外科的治療を行った25症例を対象とした。男性21例、女性4例。年齢は17歳から62歳であり、平均年齢は36歳であった。環椎、軸椎の損傷形態は、環椎、軸椎複合骨折4例、軸椎歯突起骨折13例、hangman骨折3例、環椎、軸椎脱臼症 (atlantoaxial dislocation:AAD) 5例 (irreducible 3例、reducible 2例)。これらのうち頭部外傷を3例に、また顔面損傷を2例に合併していた。

外科的治療法を決定するために、頸椎単純撮影、動態撮影、CT、MR imagingを施行した。MR imaging以前またはMR imagingが何らかの理由でできなかった場合に限り、脊髄腔造影を行った。

外科的治療はこれらの画像所見を基に決定した。Spinal instrumentation以前に施行された7例ではモノ

フィラメントワイヤーと腸骨骨移植による後方固定術を行い、術後ハローベスト (Depuy Ace Medical Co., El Segundo, California, USA) にて外固定した。Spinal instrumentationが可能になってきた以後では、laminar clampと腸骨骨移植による後方固定術を4例に、マルチフィラメントワイヤーと腸骨骨移植による後方固定術を4例に、3例のhangman骨折に対して前方プレートと腸骨骨移植による前方固定術を施行した。3例にtransarticular screwとマルチフィラメントおよび腸骨骨移植による後方固定術、1例にodontoid screwとハローベストを、3例のirreducible AADに対して同じ全身麻酔下で一次的に経口法による前方除圧術と後方固定術を施行した。ワイヤーと移植骨を使用した後方固定術はGallie法に準じて行い、一部の症例にBrooks法を用いた。術後の外固定はAdvanfit (Advanfit Co.Ltd., Yashiro, Kumamoto) を用いた。

結 果

モノフィラメントを用いた後方固定術の1例でワイヤーの断裂が生じたが、再固定の必要はなかった。ハローベストを装着した3例において、ピン挿入部に軽度の感染がおり、ピンの挿入部位を変更した。経口法による除圧術とtransarticular screw fixationを1期的に行ったAADの1例において移植骨の一部融解が起きたが、stabilityに問題は生じなかった。それ以外の症例においては骨癒合に問題は生じず、骨癒合率は92%であった。

Fig. 2 (case 2)

2a,b: Plain lateral radiograph and CT showing Type 2 hangman's fracture

2c: Postoperative plain radiograph showing anterior fusion with iliac bone graft and anterior plate

Fig. 3 (case 3)

3a,b: Plain lateral radiographs in extension-flexion studies showing reducible AAD

3c: Postoperative plain radiograph showing C1-2 posterior fixation with iliac bone graft and Sof'wire cable on midline, and bilateral transarticular screws

術後新たな神経症状の発現はなく、髄液漏，感染も起きなかった。挿入したインスツルメントの脱転や破損も認めなかった。

<症例 1>

38歳，男性。

作事中誤って屋根より転落し，頭部，頸部を打撲。直後より頸部痛が出現したため，当院受診。神経学的には明らかな異常は認めなかったが，頸椎レントゲン写真にてC1 Jefferson骨折とC2 歯突起骨折の複合骨折が存在した。高度の不安定損傷と考え，C2 odontoid screwingに加えてハローベストにて2ヶ月の外固定を行った (Fig. 1) (文献26より引用)。

<症例 2>

22歳，男性。

交通事故にあい，頸部痛があるため当院受診。神経学的には明らかな異常所見を認めなかったが，レントゲン学的にはhangman骨折が存在した。前方到達法にて，腸骨を用いた骨移植と前方プレートによる固定術を施行した (Fig. 2)。

<症例 3>

48歳，男性。

約1ヶ月半前に交通事故にあい，重症の脳挫傷のため昏睡状態が続いた。その後状態が回復したが，第2頸椎歯突起骨折が認められたために当院転院となった。神経学的には右に強い上下肢筋力低下を認めた。レントゲン

学的には2型の歯突起骨折があり, reducible AADが存在した. 後方到達法による固定術を施行した. Transarticular screwによる両側椎間関節とSoftwire cable, 腸骨骨移植による3点固定を行った (Fig. 3).

考 察

環椎, 軸椎の骨折や脱臼に対する治療の原則は過去においては保存的療法とされ頭頸部の安静と必要であれば頸椎の牽引を行ってきた. その後急性期を過ぎればハローベストを装着して起立歩行を開始した [18, 33]. しかし近年のspinal instrumentationの発展に伴い, 積極的に外科的治療が試みられるようになってきた [4, 8, 9, 19]. ただ手術手技やインプラントも次々に新しいものが提唱され, 確立されたspinal instrumentationは今だ存在していない [2, 22, 26, 29]. 特に上位頸椎損傷においては, 損傷の機転により骨折や脱臼の形態がさまざまであり, いかなる除圧, 固定法が適切であるかは議論の多いところである.

環椎の骨折は前弓, 後弓, Jeffersonとに分類されるLevineの分類 [20, 21] がよく用いられる. この骨折に対する治療のポイントは, 環椎横靱帯が前弓に付着しているため, 高度の前弓骨折またはJefferson骨折では不安定になることである. したがって後弓骨折単独ないし軽度の前弓骨折やJefferson骨折で靱帯が正常であると判断される場合は安定性は保たれ頸部カラーやAdvanfit等による頸部の安静で対処できる [16, 17]. それ以外の靱帯損傷を合併していると考えられる前弓骨折やJefferson骨折で不安定性の認められる症例には早期の外科的治療が必要で [12, 32], 固定力や骨癒合から考えtransarticular screw fixationによる後方固定術を第1選択とする [22, 23, 31]. 十分な整復が得られない場合やhigh riding vertebral artery と考えられtransarticular screw fixationが困難な場合は, 他の後方固定術を考慮する.

軸椎歯突起骨折は基本的に3型に分類され [3, 15] そのうち1型は不安定性になることが稀であり, また3型は骨折面での海綿骨の面積が大きく自然癒合率が高いため外科的治療の適応になることは少ない. 歯突起基部の骨折の2型は血行が悪いこともあり, そのまま放置すると骨癒合の可能性が低いため外科的治療の適応になりやすい [3, 10]. われわれは以前C1-2の後方固定術を主に施行していたが, 頸椎の可動性をできるだけ温存するためにodontoid screwingによる前方固定術を行

うようにしている. ただし骨折した歯突起が側方偏位している場合は, odontoid screwingは行うべきではない. 1型の骨折には頸椎カラーで, また3型の骨折にはハローベストを装着し, 保存的に治療する. 軸椎pars interarticularisでの骨折は通常hangman骨折と呼ばれ3型に分類される [11]. 1型は骨折線の離開が3mm以内と小さく不安定性も脊髄圧迫も認められないか軽度であるため, 頸椎カラーで対処する. それに対して2型, 3型では不安定性も大きいため, われわれは外科的治療を選択している. 前方到達法と後方到達法の判断には, 損傷に伴って椎間板脱出があり脊髄圧迫を伴っているかどうかをMR imagingにて十分に検討する. 脊髄圧迫が存在している場合は前方から十分な除圧を行い, 除圧後の固定は腸骨骨移植と前方プレートによるしっかりした固定が不安定性の解消のために望ましい. 後方到達法による固定術としては椎弓根スクリューがもっとも強力で頸椎可動性も温存できるが, 合併症も重大であり注意を要する [1].

環椎骨折と歯突起骨折の合併例に対しては, その病態により種々の外科的治療法が考えられる. われわれは後頭骨から頸椎にかけてのlong fusionはできるだけ避けるべきと考えており, 症例1で呈示したような早期のodontoid screwingが頸椎の可動性を最大限に保存できる治療法と判断している.

環椎軸椎脱臼症は整復可能なAADと整復困難なAADに分類し [30], 整復可能なAADは骨傷がなければ脱臼の程度に応じて保存的にまたは後方固定術単独で治療するが, 整復困難なAADについては延髄頸髄移行部から上位頸髄にかけて前方からの圧迫が存在していることが少なくなく, 後方からの除圧は有効でないばかりか危険を伴うこともあるので経口法による前方除圧術の適応になる [27, 30]. 前方除圧術後にC1-C2の不安定性が増すことはよく経験され [25], 一期的にまたは二期的に後方からの固定を必要とする. One-stage surgeryは以前にも報告されているが [7], 整復困難なAADに対しては一度に除圧と固定が可能な手術法である.

以上のようにC1-2骨折, 脱臼については障害の形態も複雑であり, 患者の年齢によっても治療のゴールが異なるため, 外科的治療法をマニュアル化することは困難である. われわれは症例毎に詳細にレントゲン所見を検討し, もっとも適切な方法を選択するtailored surgeryを心がけるように努めるべきであると考えている.

文 献

1. Abumi K, Kaneda K, Shono Y, Fujiya M: One-stage posterior decompression and reduction of the cervical spine by using pedicle screw fixation systems. *J Neurosurg (Spine)* 90: 12-26, 1999
2. Aebi M, Etter C, Coscia M: Fractures of the odontoid process. Treatment with anterior screw fixation. *Spine* 14: 1065-1070, 1989
3. Anderson LDD, D'Alonzo RT: Fractures of the odontoid process of the axis. *J Bone Joint Surg [Am]* 56: 1663-1674, 1974
4. Benzel EC, Kesterson L: An implant clamp for atlanto-axial fusion. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 52: 291-292, 1989
5. Brooks AL, Jenkins EB: Atlanto-axial arthrodesis by the wedge compression method. *J Bone Joint Surg [Am]* 60: 279-284, 1978
6. Callahan RA, Lockwood R, Green B: Modified Brooks fusion for an os odontoideum associated with an incomplete posterior arch of the atlas. A case report. *Spine* 8: 107-108, 1983
7. Crockard HA, Calder I, Ransford AO: One-stage transoral decompression and posterior fixation in rheumatoid atlantoaxial subluxation. *J Bone Joint Surg [Br]* 72B: 682-685, 1990
8. Crockard HA: Evaluation of spinal laminar fixation by a new, flexible stainless cable (Sof wire): early results. *Neurosurgery* 35: 892-898, 1994
9. Cybulski GR, Stone JL, Crowell RM, Rifai MHS, Gandhi Y, Glick R: Use of Halifax interlaminar clamps for posterior C1-C2 arthrodesis. *Neurosurgery* 22: 429-431, 1988
10. Dunn ME, Seljeskog EL: Experience in the management of odontoid process injuries. An analysis of 128 cases. *J Neurosurg* 18: 306-310, 1986
11. Effendi B, Roy D, Cornish B, Dussault RG, Laurin CA: Fracture of the ring and axis. A classification based on the analysis of 131 cases. *J Bone Joint Surg [Br]* 63: 319-327, 1981
12. Fielding JW, Cochran G, Lawsing JF III, Hohl M: Tears of the transverse ligament of the atlas. A clinical and biomechanical study. *J Bone Joint Surg [Am]* 56: 1683-1691, 1974
13. Fielding JW, Hawkins RJ, Ratzan SA: Spine fusion for atlanto-axial instability. *J Bone Joint Surg [Am]* 58: 400-407, 1976
14. Gallie WE: Fractures and dislocation of the cervical spine. *Am J Surg* 46: 495-499, 1939
15. Hadley MN, Browner CM, Liu SS, Sonntag VKH: New subtype of acute fractures (Type IIA). *Neurosurgery* 22: 67-71, 1988
16. Hadley MN, Dickman CA, Browner CM, Sonntag VKH: Acute traumatic atlas fractures management and long term outcome. *Neurosurgery* 23: 31-35, 1988
17. Kesterson L, Benzel E, Orrison W, Coleman J: Evaluation and treatment of atlas burst fractures (Jefferson fractures). *J Neurosurg* 75: 213-220, 1991
18. Koch RA, Nickel VL: The halo vest. An evaluation of motion and forces across the neck. *Spine* 3: 103-107, 1978
19. Lesoin F, Autricque A, Franz K, Villette L, Jomin M: Transcervical approach and screw fixation for upper cervical spine pathology. *Surgical Neurol* 27: 459-465, 1987
20. Levine AM, Edwards CC: Fractures of the atlas. *J Bone Joint Surg [Am]* 73: 680-691, 1991
21. Levine AM, Edwards CC: Treatments of injuries in the C1-C2 complex. *Orthop Clin North Am* 17: 31-44, 1986
22. Magerl F, Seemann PS: Stable posterior fusion of the atlas and axis by transarticular screw fixation, in Kehr P, Weidner A (eds): *Cervical Spine I*, Vienna, Springer-Verlag, 1987, pp322-327
23. Marcotte P, Dickman CA, Sonntag VKH, Karahalios DG, Drabier J: Posterior atlantoaxial facet screw fixation. *J Neurosurg* 79: 234-237, 1993
24. McGraw RW, Rusch RM: Atlanto-axial arthrodesis. *J Bone Joint Surg [Br]* 55: 482-489, 1973
25. Menezes AH, VanGilder JC: Transoral-transpharyngeal approach to the anterior craniocervical junction. Ten-year experience with 72 patients. *J Neurosurg* 69: 895-903, 1988
26. Mizuno J, Nakagawa H: Spinal instrumentation for unstable C1-2 injury. *Neurol Med Chir [Tokyo]* 39,

- 434-441, 1999
27. 中川 洋, 山田博是, 山本英輝, 玉井 清, 小鹿山博之, 渡辺一夫, 磯部逸夫: 整復不可能な先天性環椎軸椎脱臼におけるone-stage surgery. 脊椎外科 8 : 99-104, 1994
  28. 中川 洋, 山本英輝, 玉井 清, 岩田金治郎, 水野順一, 市橋鋭一, 原野秀之, 小鹿山博之, 渡辺一夫, 宮沢伸彦, 松井誠司, 磯部逸夫: 頸椎頸髄損傷におけるspinal instrumentation の有効性について. 日本パラプレジア医学会雑誌 7 : 22-23, 1994
  29. 中川洋, 水野順一, 小鹿山博之: 頸椎, 頸髄損傷におけるspinal instrumentation. 脳外誌 4 : 11-16, 1995
  30. 中川洋, 水野順一, 本郷一博, 師田信人, 磯部正則, 渡部剛也: 環椎脱臼におけるone-stage surgeryの適応と手術法. 脊椎外科 11 : 129-134, 1997
  31. Simmons EH, Tait GD Jr: Lateral atlantoaxial arthrodesis. Orthop Clin North Am 9: 1101-1104, 1978
  32. Spence KF, Decker S, Sell KW: Bursting atlantal fracture associated with rupture of the transverse ligament. J Bone Joint Surg [Am] 52: 543-549, 1970
  33. 角田信昭, 森英治: 頭蓋, 頸椎移行部の外傷: 保存的治療の適応 脊椎脊髓 3 : 597-607, 1990

Reviewer's comment : 片山 容一 (日本大学医学部 脳神経外科)

多種類の不安定性上位頸椎損傷に対して, 各種インスツルメントを用いて治療した25症例の経験から, その治療法について検討した論文である. 15年間という長期にわたる治療経験を背景にしているだけに, その治療法の変遷をうかがい知ることができるという意味でも, きわめて高い価値のある論文である.

近年, MRI対応のチタン製のインスツルメントやインプラントが数多く開発され, 臨床応用されている. これらの器具の普及により, 骨癒合率が向上し, 臨床成績も飛躍的に改善した. しかし, これらの器具が如何に丈夫であったとしても, これらはあくまで正常な骨癒合を得るための道具にしか過ぎない. このような器具を用いた手術では, 満足いく骨癒合が得られるよう骨移植を行うことも重要である. 次々と開発されるインスツルメントやインプラントを用いるときには, その適応や特徴を良く知ったうえで, 十分な骨癒合が得られるような対処をすることが基本であることを忘れてはならない.

Reviewer's comment : 秋野 実 (札幌麻生脳神経外科病院 脳神経外科)

交通外傷, スポーツ外傷, 労務災害で, 意識障害を有する症例で, 何らかの麻痺, 呼吸障害がある場合は, 頭蓋頸椎移行部損傷の検索は必須である. 本論文は, 筆者の施設での, 当該部位の外科治療の経験で, 特に固定方法の術式選択に関して論じられている. Spinal instrumentationの導入後の経験に重点がおかれている.

Instrumentation導入により早期離床が可能となり, 患者負担の大幅な軽減がなされている. 基本的術式選択に問題なく, 救急に従事する関係者には, 大いに参考になると考えられる. 危惧される点としては, 自家骨移植による自家骨そのものの為害性はないが, 金属instrumentationの長期にわたる周辺組織に対する為害性が将来問題となる可能性がある. 筆者らの長期成績の検討が待たれる.