

頸椎症性神経根症（椎間板ヘルニア含む）の 外科治療に関する指針

Guideline for Surgical Treatment of Cervical Radiculopathy in Cervical Spondylosis and Disc Hernia

乾 敏彦*¹ 下川 宣幸*² 山口 智*³ 小柳 泉*⁴
日本脊髄外科学会学術委員会

—自然経過—

■推 奨

1. 約 60～90%が自然軽快し，不変は約 25～30%，悪化は数%から約 10%存在する（レベル C）。
2. 椎間板ヘルニアに起因する神経根症では，ヘルニアが自然吸収され神経根症の自然治癒にいたる例が多数報告されている（レベル C）。

解 説

自然経過に関する報告は散見されるが，エビデンスレベルの高い報告はない。いずれの報告も高い自然治癒率を示している。

急性の頸部神経根症は一般的には自然治癒的臨床経過であり，75%は自然軽快が得られるため非外科的治療が最初に実施される治療として適切である。非外科的治療で改善が得られない，または重篤な神経脱落症状を認めるときに外科的な減圧治療が必要かもしれない。前方アプローチ，後方アプローチのいずれでも上肢痛の消失は 80～90%で得られる⁴⁵⁾。

51 例の保存的治療対象者における 2 年から 19 年の経過観察では，無治療の 5 例中 3 例と安静のみの 2 例中 2 例が改善となり，すなわち非外科的介入療法を行わなかった 7 例のうち 5 例（71%）が改善し，2 例（29%）は不変または増悪を示した。カラー装着は，18 例中 12 例

に疼痛の軽減をもたらしたが，カラー以外の治療法でも 25 例中 15 例（エクササイズと牽引：20 中 12 例，マニピュレーション：4 例中 2 例，整骨療法：1 例中 1 例）で改善が認められ，最終的には非外科的介入療法の違いによる明らかな差はなかった²⁷⁾。

137 例における 10 カ月～16 年（平均 5 年 3 カ月）の経過観察では，81 例（59%）が改善，38 例（28%）は不変，18 例（13%）が増悪を示した³⁸⁾。

MRI で椎間板膨隆～脱出が確認され，初診時神経学的に脊髓症状が重篤ではなく夜間カラーのみで治療した 114 例（経過観察期間；6～93 カ月，平均 27.7 カ月）の報告では，10 例（9%）はヘルニア塊の完全消失，32 例（28%）で縮小がみられた。また，手術治療にいたった 10 例（平均 50 カ月で手術：神経症状の増悪 4 例，上肢筋萎縮 2 例，多椎間にも椎間板脱出 2 例，予防的手術・外傷各 1 例）を除いた 104 例（91%）では保存的治療で神経症状は改善し，43 例（38%）では自覚症状は完全に

Toshihiko Inui, M.D.*¹, Nobuyuki Shimokawa, M.D.*², Satoshi Yamaguchi, M.D.*³, Izumi Koyanagi, M.D.*⁴

*¹ 富永病院脳神経外科脊椎脊髄治療センター，*² ツカザキ病院脳神経外科，*³ 広島大学脳神経外科，

*⁴ 学術委員会委員長，北海道脳神経外科記念病院

消失. 21例(18%)が神経学的にも無症状であった⁵⁵⁾.

38例の頸椎椎間板ヘルニア(cervical disk herniation: CDH)の症例に対して, 繰り返しMRIでヘルニアを後方視的に調査した報告では, 15例(40%)のヘルニアにおいてその容積が退縮した. 発症からMRI撮像期間が短い症例に多く, extrusion typeのヘルニアが自然吸収される傾向にあった. それらは全例保存的加療によく反応し改善が得られた. 発症早期のMRIにて血腫とヘルニア塊をMRI上で観察している可能性は否定できないが, 発症早期にはその容積は退縮する. 後縦靭帯(posterior longitudinal ligament: PLL)間に存在するものより硬膜外に脱出したヘルニア塊の吸収が早いのは, その機構としてvascular supplyが大きな役割を演じていると考えら

れる. Migration typeやlateral typeのヘルニアはその可能性が高いので, 保存的加療を考慮し, 繰り返しMRIで観察すべきである³⁴⁾.

26例のCDHの症例に対して非外科的治療(traction, specific physical therapeutic exercise, 抗炎症剤の内服, 教育)を行い, コホート研究を行った結果では, 24例がgoodもしくはexcellentで, 19例がextrusion typeのCDHであった⁴⁷⁾.

頸椎神経根症を発症したCDH 13例(後外側への大きなCDH)を前向きに平均6カ月追跡調査し, 平均12カ月後にMRIを再撮像した報告では, 13例中12例にCDHの退縮を認めた. 退縮しなかった1例以外, 症状は改善した. 発症急性期に手術の介入は控えるべきである⁴⁾

—非外科的介入療法—

■推 奨

1. 比較的早期の症状改善を期待するには, 何もしない保存的治療(wait and see policy)よりも非外科的介入療法が推奨される(レベルB).
2. 牽引療法, マニピュレーション, カラー固定, 硬膜外/神経根へのステロイド注入に関して, 科学的に十分な根拠が示されているエビデンスは存在しない. 適切な方法で行う治療は考慮してもよい. ただし, 画像診断を事前に行わないマニピュレーションは増悪例の報告があることを考慮すべきである(レベルC).

解 説

頸椎疾患 100例を持続牽引, 間欠的牽引, manual traction, 牽引なしの4群でその効果を無作為に比較した報告では, 6週間にわたって4群ともに疼痛と頸椎可動域(ROM)は有意に改善した. 間欠的牽引群は牽引なし群より疼痛, 頸椎ROMの改善度が有意に高かった⁶⁶⁾.

C7神経根症 30例において理学療法(physiotherapy: PT)のみとPTに間欠的頸椎牽引治療を行った2群でランダム化比較試験(RCT)を施行した結果は, 握力の回復で評価すると牽引群が5週間後により回復を認めたが, 10週間後では差は認めなかった. 早期の回復は頸椎牽引による神経根減圧により再髄鞘化と血流改善が起きたためと想定した. このRCTの限界は症例数が少ないことと, 頸椎症性変化による後方からの圧迫症例は含まれず, 頸椎ヘルニアの症例に限られていることである¹⁹⁾.

頸椎症性神経根症 81例に対して manual therapy and exercise 治療を行い, 頸椎牽引の追加の有無でその効果に変化するかを検討した多施設無作為臨床試験では, 2週間後, 4週後の Numeric Pain Rating Scale, Patient-Specific Functional Scale, Neck Disability Index (NDI) で,

治療効果に有意差を認めなかった⁶³⁾.

頸椎カラーと自宅での頸椎牽引による 81例の頸椎神経根症の治療成績を後方視的に報告した結果では, 6週間後 63例(78%)が著明な症状改善を示した. そのうち3例が症状再発で手術を要した. 最初の6週間で症状が残存していても, 2~6週の追加の頸椎カラーと牽引の保存的治療に75%の症例はよく反応するだろうとの結論であった. この論文は無作為比較試験でなく, 軽度の myelopathy も含まれている³⁶⁾.

Good-Samaritan 法による頸椎持続牽引療法を行った 91例(頸椎ヘルニア含む)の報告では, 73例(80%)の症状が改善し, 残りの18例(20%)は不変であった. 牽引治療後不十分な改善4例, 不変4例の計8例で手術が施行された. 保存的治療を6カ月以上(最長7年5カ月, 平均2年8カ月)行った59例において, 改善は48例(81%)と維持されていた. 臨床成績に影響を与える因子は罹病期間であり, 1年未満の症例の91%の改善が認められたのに対して, 1年以上例では63%であり, 有意の関連性が認められた($p<0.01$)⁵³⁾.

5年間にマニピュレーションを受けた172名を review

し、重大な合併症が出現した自験例 22 例 (13%) を報告した結果は、マニピュレーション開始後 radiculopathy 21 例 (12%), myelopathy 11 例 (6%), Brown-Séquard syndrome 2 例 (1%), vertebral artery occlusion 1 例であった。従来報告されている頻度より多いこと、既存の頸椎ヘルニアがマニピュレーションを契機に神経症状を発症すること、術前の画像評価が重要とした³¹⁾。

1995~2001 年の 6 年間にニューヨーク州郊外の脳神経外科の 3 病院における spinal manipulation 後に症状の増悪した自験例 18 例 (cervical 6 例, thoracic 4 例, lumbar 8 例) の review では、spinal manipulation はときには致命的な合併症につながる事が報告された。3 例が見逃されていた悪性新生物により死亡した。マニピュレーション開始前の画像評価が重要で、ときには悪性新生物がみつかる可能性を指摘した³⁷⁾。

頸椎マニピュレーションにより radiculopathy や myelopathy を発症した自験例 4 例の症例報告では、マニピュレーション前の画像評価は重要であるとした³⁹⁾。

発症 1 カ月以内の頸椎神経根症 275 例を対象に、①頸椎カラー群、②PT 群、③何もしない control 群の 3 群に分け 6 カ月まで経過を追った RCT では、頸椎カラーは semi-hard type (Cerviflex) を使用し、最初の 3 週間は一日中装着し、できる限り頸部安静をはかった。その後、3 週間は徐々に装着時間を少なくしていき、6 週間後には完全に装着しないようにした。結果として、①群②群は③群に比し頸部および上肢痛の明らかな改善を認めた (統計学的有意差あり)。その違いは、visual analog scale (VAS) で 12~17 mm の値であった。NDI も同様の結果であった。6 カ月後にはこれらの差は認めなかった。発症 6 週間以内は、①ならびに②の介入が必要で、外科的介入はその後考慮すべきであると結論づけた²⁵⁾。

薬物療法や非外科的介入療法に対して治療抵抗性の慢性頸肩腕痛の 50 名に対し無作為に、25 例の A 群 (cervical epidural steroid/lidocaine injection で治療) と 17 例の B 群 (後頸筋群内への steroid/lidocaine injection で治療) の

2 群に振り分けた臨床研究では、B 群の 8 例は、保険や患者の理由で治療を行えなかった。治療効果は VAS で 75%以上の改善を very good, 50~74%の改善を good で評価し、最終 injection 後 1 週目の疼痛改善度は、A 群で 76%に very good または good であり、B 群では 35.5%であった。1 年後には、A 群で 68%に very good または good の効果が持続し、B 群では 11.8%であった⁵²⁾。

透視を用いない C5-6, C6-7 の経椎弓間での硬膜外ブロックを 215 例に対し 790 回行った合併症の前向きの研究では、2 例に硬膜損傷 (頭痛を伴いブラッドパッチを要した)、3 例に迷走神経反射、1 例に穿刺部表在性感染を認め、合併症率は 6/215 例 (2.8%) であった⁵⁷⁾。

透視下に C6-7, C7-T1 の経椎弓間での硬膜外ブロックを 157 例に対し 345 回行った合併症の後ろ向きコホート研究では、23 例 (6.7%) に頸部痛の増悪、16 例 (4.6%) に 24 時間以内に消失した一過性の頭位に関係しない頭痛、6 例 (1.7%) に injection 当日の夜間不眠、6 例 (1.7%) に迷走神経反射、5 例 (1.5%) に顔面紅潮、1 例 (0.3%) に施行日の発熱、1 例 (0.3%) に硬膜穿刺があり、総合併症率は 16.8%であった²⁾。

透視下に椎間孔外での神経根ブロックを 844 例に対し 1,036 回行った合併症の研究では、0.59%に頭痛/めまい、16 例 (4.6%) に 24 時間以内に消失した一過性の頭位に関係しない頭痛、0.71%に一過性の痛みや脱力、0.12%に知覚過敏、0.12%に一過性全健忘、0.12%に迷走神経反射、0.36%に穿刺部位の間違いがあった。血管損傷、運動麻痺、死などの重大な合併症は認めず、総合併症率は 14/844 例 (1.66%) であった³⁰⁾。

頸椎硬膜外ブロックは、その手技に伴った脊髄損傷や致命的合併症がまれではあるが起こり得ることを、施行前に十分理解するべきである。透視や multi-slice の CT ガイド下での施行を推奨する^{18,21,29,44,54)}。

自然経過解説で引用した文献 27, 55 にも、カラー装着など非外科的介入療法の効果が報告されている。

—外科的治療—

■推 奨

1. 内科的治療が外科的治療より優先して行われるべきである。適切な手段と期間の薬物療法や非外科的介入療法に対する無効例や、臨床症状および神経学的所見の増悪例で労務や日常生活に支障をきたし、速やかな症候改善を希望する例に外科的治療が推奨される。ただし、外科的治療は術後短期間では、非外科的治療に比較して臨床成績に優れるが、術後1年以上の経過では臨床成績は同等になるというエビデンスの存在を理解して、外科的治療の決定を行うべきである。また、外科的治療の適切な時期を推奨できる科学的根拠を示すエビデンスはない（レベルB）。
2. 前方除圧術（anterior cervical decompression：ACD）、前方除圧固定術（anterior cervical decompression with fusion：ACDF）は変性疾患に基づく頸椎症性神経根症の症候を速やかに改善させる（レベルB）。

解 説

3カ月以上の頸腕痛で発症した頸椎症性神経根症81例を無作為に、①手術群、②PT群、③頸椎カラー群、の3群に分け前向きに比較検討した研究では、術後3~4カ月の時点で非手術群より手術群において疼痛が軽減しているが、術後15~16カ月において差はないことが報告された。しかし、この論文の問題点は頸部痛と上肢痛とを分けず、頸腕痛にひとまとめにしている点と再手術例も37%と高い値であった点である⁴²⁾。

ACDF（Cloward法）、PT、ネックカラー固定の3群の治療のRCTにおける1年間の経過観察の結果、3カ月以上の頸部~上肢痛を伴った81例（女性37名、男性44名）の結果は、2~4カ月後におけるACDF群の痛みの改善度が最も優れており、PT群では最も重篤な痛みの改善度は同等であるが、最終観察時の痛みは有意な改善を認めなかった。また、カラー固定群は有意な改善を認めなかった。筋力の改善度はACDF群が、PT、カラー固定群よりも優れていた。いずれも1年後には3群ともに同等の改善度だった⁴³⁾。

頸椎神経根症に対するACD（F）の有用性のsystematic reviewでは、術後3~4カ月間では頸部痛、上肢痛、筋力低下、感覚障害の改善が外科的治療群で明らかに良好であり、機能改善も良好な結果である。12カ月後では非外科的治療群との差は認めなかった³²⁾。

頸椎神経根症もしくはmyelopathyに対する保存的治療と比較した手術治療のsystematic reviewでは、術後の短期成績は良好であるが、1年後では変わらず、risk and benefitの観点から手術治療を優先するには不十分であったとした¹³⁾。

頸椎症性神経根症に対してACDFとPTを行った群31例（group 1）とPT単独群32例（group 2）の比較では、

12カ月時点では、better/much betterがgroup 1では87%、group 2で62%と有意差があるが、24カ月時点では81%と69%となっており、group 1、2での有意差があったのは12カ月時点のみであった。手術とPT併用はPT単独と比べて、術後1年時点では、より迅速な症状改善を得た。しかし、両群の差異は術後2年では縮小したとしており、手術より先にPTを選択すべきである¹²⁾。

頸椎椎間板障害による頸部神経根症63例に対して、ACDFを施行後にPTを実施した群とPT単独実施群に分けてfunctional outcomeを比較したRCTでは、neck muscle endurance, manual dexterity, right-handgrip strengthは、治療前、治療後3、6、12、24カ月で両群に有意差はなかった。PT単独治療と比較して、手術実施による上乗せ効果はなかった。手術を要する可能性を下げするためにスケジュールに基づいたPTは手術治療よりも先に実施すべきであるとした⁴¹⁾。

246例の神経根症の治療効果の前向き多施設研究では、51例が外科的治療を受け、症状の早期改善目的として有用であった。ほかの薬物療法や非外科的介入療法を含めた内科的治療との比較では、1年後での結果に有意差はなかった⁴⁸⁾。

術前の症状持続期間がACDFの手術結果に影響するかどうかを検討することを目的として、1もしくは2レベルのACDFを行った患者58例に対して行った前向き臨床研究では（頸部と上肢痛はVASを、QOLはSF-36からphysical component summary, mental component summaryを、慢性の日常生活障害はNDIを評価）、平均37.2カ月のfollow-upにおいて、症状の持続期間が短いほう（6カ月以内）が上肢痛の改善は有意に良好となった。頸部痛のVASは有意差がなかった³⁾。

外側型頸椎ヘルニアに対するdorsal foraminotomyを

行った54例について、予後予測因子に関する前向き研究では、平均364日のfollow-upで、94%は完全回復もしくはは改善を得た。合併症は硬膜損傷を2例(4%)に認めた。術前長期の症状が続いていること(good outcomeは平均58日、bad outcomeは平均243日)、長期の神経脱落症状(感覚障害はgood outcomeが平均65日、bad

outcomeが平均158日、運動麻痺はgood outcomeが平均46日、bad outcomeが平均168日)がbad results(pain grading scoreで75%以下の改善率)の予測因子であった⁶¹⁾。

非外科的介入療法で引用した文献25, 55でも、非外科的介入療法後の外科治療に関する報告がある。

—各種外科的治療—

1 前方除圧術 (anterior cervical decompression : ACD), 前方除圧固定術 (anterior cervical decompression with fusion : ACDF) について

■推 奨

1. ACD, ACDFは現段階では標準術式として推奨できる(レベルB)。
2. 単椎間に行ったACDとACDFの臨床成績は同等であるが、ACDFはACDに比較して矢状面のアライメント改善に優れることが報告されている(レベルB)。

解 説

保存的治療抵抗性の頸椎神経根症42例を無作為にACDと自家腸骨を使用したACDF, ACDFI(I: instrumentation)群に振り分け比較検討した報告では、頸部痛、上肢痛、肩甲骨周辺の痛みならびにSF-36のスコアに関して2年間のfollow upで統計学的有意差は認めなかった。ACD 63%, ACDF 93%, ACDFI 100%で骨癒合が得られた。局所後弯はACD群の75%(術前17%)に認められた。ACDF, ACDFI群ではsagittal balanceの変化は認めなかった⁶²⁾。

頸椎椎間板疾患125例を、①microdiscectomy, ②microdiscectomyと自家骨移植, ③microdiscectomyとポリメタクリル酸メチル(polymethylmethacrylate: PMMA)注入, ④microdiscectomyとthreaded titanium cage, の4群に分けた無作為前向き研究では、Odom's criteriaで結果を評価すると、術後6カ月でexcellent and good resultsは、④群91.6%に対し、①群で72.7%, ②群で66.6%であった。12カ月後においては、④群94.4%に対し、①群75.5%であった。ACDFのほうが早期骨癒合につながり、職場復帰の面において良好な結果であった¹⁾。

頸椎神経根症86例をtitanium threaded cageを使用したACDF群とACD群に分けた無作為前向き比較試験では、手術2年後のself-reported satisfactionと頸部および上肢痛は、ACDF群good outcome 86.1%に対しACD群76.6%(統計学的有意差なし)であった。骨癒合率はACDF群83.3%に対しACD群81.0%(統計学的有意差

なし)であった。隣接椎間障害も両群間に有意差を認めなかった¹⁷⁾。

頸椎神経根症20例に対するACD群とallograftを使用したACDF群(semi-rigid plate併用)の無作為前向き比較試験では、両群とも患者満足度含め結果は良好であったが、頸部痛に関してACD群に比しACDF群でより改善した。上肢痛では同等であった。椎間高や椎間孔は術後1年で両群とも術前より減少していた。ACDF, 特にsemi-rigid plateは術直後の期間で椎間高や椎間孔の高さ維持に有用であるが、長期にみてsubsidenceを止めることはできないがACD群に比しその程度は少ない³⁵⁾。

頸椎神経根症91例に対してACD, 自家骨移植によるACDFあるいはプレート併用ACDFを行った無作為前向き比較試験では、プレート非併用群で後弯の進行が多い傾向(後弯発生はおおの62.5%, 40%, 44%)であったが有意差は認められなかった。Clinical outcomeも同様であった(goodは76%, 82%, 73%, poorは0%, 4%, 4%)⁵⁰⁾。

自家腸骨を用いたACDFあるいはACDを前向き無作為に振り分けた27例(ACDF with anterior plating 15例, ACD 12例)に対して行った疼痛に関する検討では、両群でVASを用いた臨床成績に差は認められなかったが、プレート併用群に後弯変形の進行が少ない傾向であった⁶⁵⁾。

疼痛性変形性頸椎症50例に対して、自家腸骨を用いたACDFのプレート併用群と非併用群を前向き無作為に振り分けた検討では、プレート併用群において移植骨の高

さが維持されていた。有意ではないがわずかに functional outcome もよい結果であった¹⁴⁾。

3椎間のACDFを行った頸椎神経根症59例をプレート

併用群と非併用群に分けた検討では、偽関節例がプレート併用群で18%、プレート非併用群で37%に発生したが統計学的有意差は認められなかった⁵⁸⁾。

2 前方椎間孔拡大術 (anterior cervical foraminotomy : ACF) について

■推 奨

適応症例は限られるが、ACD、ACDFと同等の臨床成績が期待でき、推奨できる術式である。ただし、臨床的改善度、長期成績における再発率が文献的に一定しないことを理解して適応を決定するべきである (レベルC)。

解 説

頸椎神経根症に対する前方除圧術の有用性の systematic review では、anterior cervical foraminotomy の効果については相反するエビデンスがある：有効率は52~99%だが、症状再発は最大30%に達する。ACFはclinical functionの改善に関連しているが、データの質が弱く、効果にもばらつきがある(52~99%)³²⁾。

肯定的結果

6年以上のfollowを受けた44例の患者についての後ろ向き研究では、退院時点で、20%の患者は残存症状を一時的に有するものの、98%が改善を示した。一過性の嘔声のほかは特記すべき合併症はなく、平均8.8年のfollow期間での最終結果では、89%がexcellentかgood outcomeであり、同じレベルでの再手術例はなく、2例(4.5%)で症候性の隣接椎間病変について追加の手術を要した。ACFであっても、最終follow時点では、単純X線で手術レベルの椎間板高は全例で減少し、93%で変性所見を認めた。隣接椎間の変性は頭側で6%、尾側で11%に認められた⁴⁰⁾。

鉤状突起の基部を削除し、椎間板を損傷することなく椎間孔へアプローチするsmall keyhole transuncal approachを行った13例について平均19カ月のfollowを行ったケースシリーズでは、全例で放散痛の完全解消を得られ、手術椎間の可動性は保たれ、不安定性は認めなかった²⁶⁾。

ACF(論文ではuncoforaminotomyと表現)を行って、2~17カ月(平均8.2カ月)のfollowを行ったケースシリーズでは、全例で術後速やかに頸部、根性痛の改善が得られた。評価期間で97%は結果に満足した。34例中、2例で一過性の反回神経麻痺を、1例で手術レベルのヘルニア再発をきたし、再手術を要したが、永続する合併症は認めなかった⁴⁹⁾。

鉤状突起の外側を削除して神経根を除圧する手技で

ACFを行った19例について、12~36カ月のfollowを行ったケースシリーズでは、17/19例(89.5%)は症状軽快、症状変化と症状悪化をそれぞれ1例(5.3%)に認めた。合併症として、1例(5.3%)で一過性のHorner症候群、1例(5.3%)で術後に手術と反対側の椎間孔狭窄をきたし、ACDFを行う必要があった²³⁾。

ACFを行った21例について、6~36カ月followしたケースシリーズでは、19例(91%)は症状の改善または解消が得られ、2例(9%)は症状が持続したため、追加手術を要した。1例(4.8%)で上喉頭神経麻痺をきたしたが、3カ月で改善した。追加手術2例の内訳は、Smith-Robinson法によるACDF1例と、後方椎間孔拡大術1例である²⁰⁾。

Anterolateral approachによるmicroforaminotomyを40例(1レベル15例、2レベル23例、3レベル2例)に実施したケースシリーズでは、合計68本の頸部神経根に対する除圧が行われた。平均4.3年のfollow upで85%は神経根症が消失、94%は頸部痛なし。90%が感覚障害から回復し、83%では運動障害から回復、Odom's criteriaでは95%がexcellent or goodであった。一過性合併症は7.5%にみられ、非手術レベルのC5麻痺1例、創部血腫形成による一過性声帯麻痺1例であった。永続する合併症は2.5%で、Horner症候群の1例であった¹¹⁾。

否定的結果

片側性頸部神経根症に対するACF23例のケースシリーズでは、30%の症例では、初回術後2週間~14カ月の間に、ヘルニアの再発による神経根症の再発、あるいは難治性の頸部痛のために、少なくとも1回の追加手術を要した。Good, excellent outcomeはわずかに52%(12例)でしか得られず、fair 13%、poor 35%という結果であった。手術に関連した合併症として、硬膜損傷で術後に頸部皮下髄液貯留をきたし、再手術を要した。筆者はstand-alone手技としてのACFは推奨しないと結論して

いる¹⁵⁾。

隣接椎間変化の頻度

24例、6年のfollowでのanterior microforaminotomy後に起こった頸椎変性についての後ろ向き研究では、Odom's criteriaでは91.6%にfavorable outcomeを得ることができ、VASの平均値は8.3から3へ、NDIは27.9から7.3へと改善した。18例(75%)で椎間板高が減少し、椎間板への侵襲(disc invasion during surgery)と椎間板の減高とは有意な関連があった。また、椎間板の減高は、椎間板に接する上下の椎体間の角度の静的、動的変化および骨棘形成に有意に関連していた¹⁶⁾。

経椎体前方椎間孔拡大術 (transvertebral anterior cervical foraminotomy : TVACF)

ACFの変法の1つであるTVACFについては、文献報告が少なく長期成績に関するエビデンスはまだ乏しい。

30例(術後follow期間6カ月以上)の手術成績報告では、90%以上の症例で神経症状の改善がみられ(excellent 21例, good 7例, fair 2例, poor 0例)、神経学的増悪例はなかった⁶⁴⁾。

片側性の椎間板ヘルニアもしくは骨棘・椎間孔狭窄による頸部神経根症に対してTVACFを行った34例に対して、最小2年のfollowを行った症例の後ろ向き調査を実施した報告では、改善率は94.2%で、術後のC2-7 ROMは 36.6 ± 16.6 度であった。単純X線画像では、椎間板高、functional spinal unit (FSU)のROMと高さは術後有意な減少を認めなかった。有限要素法でも、TVACF前後の椎体の強度に有意差はなかった。1名(2.9%)で隣接椎間病変の手術を要したが、術直後の合併症はなかった。経椎体法は、手術レベルとその隣接椎間の可動性に制限をきたすことなく、椎間板、椎体の高さも維持されることが示された⁵⁶⁾。

平均2年以上のfollowを行ったtranscorporeal tunnel anterior foraminotomyを行った30例についてのケースシリーズでは、全例で術直後から症状改善を得た。3例(10%)は術直後にしびれを訴えたが、いずれも3カ月以内に改善した。NDIは術前の55.16%から術後5.82%へ有意に改善、上肢痛と頸部痛のVASも術前の8.15と4.05から、術後はそれぞれ1.05、1.23と有意に改善した。椎間板高は術後、平均9%の減少があった。長期経過は良好で、大きな合併症はなかった⁷⁾。

3 後方椎間孔拡大術 (posterior cervical foraminotomy : PCF) について

■推 奨

椎間板ヘルニアもしくは椎間孔狭窄に対するPCFとACDFの臨床成績は同等である(レベルB)。ただし、長期的には、ACDFに比べてPCFでは同一椎間の再手術率が高いとする報告がある(レベルC)。

解 説

肯定的結果

術後2年での同一レベルでの再手術率について、propensity scoreをマッチングさせたACDF 188例、PCF 140例を比較した報告では、ACDFの同一レベル再手術率は4.8% (9/627例)、PCFは6.4% (9/140例)で、再手術率の差(1.6%)は有意差がなかった。PCFは再手術が多いと信じられているが、脊椎外科医は同一レベルの再手術率が高いというリスクを患者に負わせることなく、PCFを実施することができる²⁸⁾と結論した。

椎間孔狭窄と外側型頸椎椎間板ヘルニアによる神経根症についてminimally invasive surgery (MIS)-PCF/posterior cervical discectomy (PCD)を行った70例の報告では、術後経過について平均32.1カ月のfollow期間で後ろ向き解析を行った結果、5例にACDFが初回術後平均44.4カ月で行われていた。合併症は3例(4.3%)に発生

し、内訳は髄液漏(1例)、創部血腫形成(1例)、神経根炎(1例)であった。この術式で、将来同一レベルの手術を要する率は低く(1.1% per index level per year)、隣接椎間レベルの手術を要する率はきわめて低い(0.9% per adjacent level per year)と結論した⁵¹⁾。

PCFを行った178例について、平均31.7カ月のfollowを実施した報告では、術後の同一レベルに対してACDFで再手術を行った率は、平均追跡期間31.7カ月で5% (9/178例)であった。再手術の要否による合併症の発生率には有意差はなかった(再手術あり群で11%、なし群で4%)。症状の残存・再発を除いた合併症の内訳は、初回PCFで創部感染7例(4%)、筋力低下23例(14%)で、再発時のACDFでは、創部感染1例(11%)、筋力低下2例(22%)であった。再手術のACDFにいたった理由は頸部神経根症の再発である。以上より、PCFの再手術率は低く、初回にACDFを行った場合の再手術率と同等

であると報告した⁵⁹⁾.

Full-endoscopic PCF 89 例, conventional anterior microsurgical technique による ACDF 86 例で, 術後 2 年間の追跡を行った RCT では, 合併症は ACDF で, 一過性嚥下障害 3 例 (3%), 皮下血腫 1 例 (1%), 手術創の醜状 1 例 (1%) であり, full-endoscopic PCF では, 一過性の罹患神経根に一致した感覚障害を 3 例 (3%) に認めた. 再手術率, 合併症率は両手技で有意差なく, endoscopic technique は可動性の維持, 早期社会復帰, 組織損傷が少ない, という点でアドバンテージがある⁴⁶⁾.

片側の椎間板ヘルニアあるいは骨棘による椎間孔狭窄について PCF を行った 67 例に対して平均 3.1 年 (1.5~7 年) の follow を行った後ろ向き研究では, 合併症は創部離開で再手術を要した 1 例 (1.5%) のみであった. 根症状の軽減と消失は 93%, 頸部痛の改善は 93% で得られ, 79% は復職可能であった⁶⁰⁾.

Follow 期間中央値が 7.1 年, 303 例の single level PCF についての後ろ向き研究では, 症候性の同一および隣接椎間病変の発生率について調査が行われた. 症候性の隣接椎間病変は 15 例 4.9% で, 年間 0.7% の隣接椎間障害発生率であった. さらに, 術後 10 年では 6.7% となった. 同一椎間障害のリスクは 3.9/1000 person-years, 5 年で 3.2%, 10 年で 5.0% であった. 以上より, PCF による同一, 隣接椎間障害の発生率は低いと結論した¹⁰⁾.

平均 10 年の follow を行った 338 例の cervical laminoforaminotomy で症状と機能の改善について電話インタビューを行った報告では, 約 90% で痛み, 筋力低下, 機能の改善が得られた. 93% は元通りに復職した. 手術を要する再発率は 6.2% であった. 根症状の原因が椎間板ヘルニアであったほうが, 骨棘によるものよりも有意に改善が良好であった⁸⁾.

C4/5, 5/6, 6/7 の disc hernia もしくは foraminal stenosis について PCF を実施し, 36 カ月以上 follow を行った 31 例と, 同時期に ACDF を受けた患者 30 例で, 術後頸椎 ROM の変化を比較した報告では, PCF 群は全頸椎の ROM は術前と最終フォローで有意差はなかった. 手術したセグメントの ROM は有意に減少し, 手術部位の頭側隣接椎間の ROM はわずかに増加, 尾側の隣接椎間の ROM は減少していた. 一方, ACDF 群では, 手術部位の ROM は減少した. また, PCF と異なり, 尾側椎間の ROM は有意に増加していた. PCF は手術セグメントの可動性を維持しながら, 隣接椎間へのストレスは少ないことが利点である⁶⁾.

否定的結果

PCF を行った 151 例に対する retrospective review では, 平均 4.15 年の follow 期間で, 全体の再手術率は 9.9% (同一レベル, 他レベル含めたもの) で, 再手術にいたるまでの平均期間は 2.4 年であった. 再手術の術式としては 80% が ACDF であった. 同一レベルでの再手術は 6.6% で, 隣接椎間 (adjacent segment) で手術を要した率 (1.3%), 1 椎間以上離れた部位 (distant segment) で手術を要した率 (1.9%) と比べて, 有意に高かった. 全体の再手術率は 9.9% であるが, follow 期間が 2 年を超えると再手術率 18.3%, 10 年を超えると 24.3% であった⁵⁾.

椎間板ヘルニアによる単神経根障害 292 例に対して, 前方除圧 PMMA 固定 (ACDF 群) と PCF (PCF 群) の比較を行う後ろ向き研究では, 前方除圧 PMMA 固定は 124 例 (42.5%), PCF は 168 名 (57.5%) で行われた. 合併症は ACDF 群で 6.5% (嗄声 4 例, 嚥下困難 2 例, 神経症状悪化 1 例, 血腫 1 例), PCF 群 (神経症状悪化 1 例, 創部感染 1 例, 髄液漏 1 例) で 1.8% と, 有意に ACDF 群で合併症が多かった. 一方, 平均 72.1+25.9 カ月の follow 期間で success rate (Odom's criteria I + II) は前方法 93.6%, 後方法 85.1% と前方法が有意に優れていた²⁴⁾.

Open surgery と tubular retractor を用いた minimally invasive surgery (MIS) の比較

PCF について open surgery (open 法) と tubular retractor を用いた MIS (MIS 法) の clinical outcome (Odom's criteria, Prolo criteria, 上肢と頸部痛についての VAS) を比較した systematic review (採用した文献は, open 法 6 編, MIS 法 3 編) では, clinical success rate は open 法 92.7%, MIS 法 94.9% で有意差はなかった. 椎間孔狭窄による頸部神経根症は, いずれの方法によっても有効に治療できる³³⁾.

Open 法および経皮的 laminoforaminotomy (PCLF) についての systematic review では, 経皮的方法で行った症例は, open 法で手術を受けた症例と比べて出血量が少なく (以下, open 法:PCLF として 173.5 ml:52.8 ml), 手術時間が短く (108.3 分:58.3 分), 入院中の鎮痛剤使用量が少なく (27.6 Eq:2.5 Eq), 入院期間が短かった (3.2 日:1.0 日). しかし, 論文となったデータが不均一であるため, この統計結果の信頼性には疑問符がつく. PCLF のリスク・ベネフィットを明らかにするには, さらなるトライアルが必要である⁹⁾.

Open foraminotomy/discectomy (group 1:19 例) と tubular retractor assisted foraminotomy/discectomy

(group 2 : 22 例) を比較した報告では, 手術結果は両群で差はなく, 皮膚切開のサイズ, 入院期間, 鎮痛剤使用期間, 術後の頸部痛は group 2 のほうが良好であった²²⁾.

文 献

- 1) Bärlocher CB, Barth A, Krauss JK, et al : Comparative evaluation of microdiscectomy only, autograft fusion, polymethylmethacrylate interposition, and threaded titanium cage fusion for treatment of single-level cervical disc disease : a prospective randomized study in 125 patients. *Neurosurg Focus* 12 : E4, 2002 (レベル II)
- 2) Botwin KP, Castellanos R, Rao S, et al : Complications of fluoroscopically guided interlaminar cervical epidural injections. *Arch Phys Med Rehabil* 84 : 627-633, 2003 (レベル II)
- 3) Burneikiene S, Nelson EL, Mason A, et al : The duration of symptoms and clinical outcomes in patients undergoing anterior cervical discectomy and fusion for degenerative disc disease and radiculopathy. *Spine J* 15 : 427-432, 2015 (レベル II)
- 4) Bush K, Chaudhuri R, Hillier S, et al : The pathomorphologic changes that accompany the resolution of cervical radiculopathy. A prospective study with repeat magnetic resonance imaging. *Spine* 22 : 183-186, 1997 (レベル III)
- 5) Bydon M, Mathios D, Macki M, et al : Long-term patient outcomes after posterior cervical foraminotomy : an analysis of 151 cases. *J Neurosurg Spine* 21 : 727-731, 2014 (レベル II)
- 6) Cho TG, Kim YB, Park SW : Long term effect on adjacent segment motion after posterior cervical foraminotomy. *Korean J Spine* 11 : 1-6, 2014 (レベル II)
- 7) Choi G, Arbatti NJ, Modi HN, et al : Transcorporeal tunnel approach for unilateral cervical radiculopathy : a 2-year follow-up review and results. *Minim Invasive Neurosurg* 53 : 127-131, 2010 (レベル III)
- 8) Church EW, Halpern CH, Faught RW, et al : Cervical laminoforaminotomy for radiculopathy : Symptomatic and functional outcomes in a large cohort with long-term follow-up. *Surg Neurol Int* 5 (Suppl 15) : S536-543, 2014 (レベル III)
- 9) Clark JG, Abdullah KG, Steinmetz MP, et al : Minimally Invasive versus Open Cervical Foraminotomy : A Systematic Review. *Global Spine J* 1 : 9-14, 2011 (レベル III)
- 10) Clarke MJ, Ecker RD, Krauss WE, et al : Same-segment and adjacent-segment disease following posterior cervical foraminotomy. *J Neurosurg Spine* 6 : 5-9, 2007 (レベル II)
- 11) Cornelius JF, Bruneau M, George B : Microsurgical cervical nerve root decompression via an anterolateral approach : clinical outcome of patients treated for spondylotic radiculopathy. *Neurosurgery* 61 : 972-980, 2007 (レベル III)
- 12) Engquist M, Löfgren H, Öberg B, et al : Surgery versus nonsurgical treatment of cervical radiculopathy : a prospective, randomized study comparing surgery plus physiotherapy with physiotherapy alone with a 2-year follow-up. *Spine* 38 : 1715-1722, 2013 (レベル II)
- 13) Fouyas IP, Statham PF, Sandercock PA : Cochrane review on the role of surgery in cervical spondylotic radiculomyelopathy. *Spine* 27 : 736-747, 2002 (レベル II)
- 14) Grob D, Peyer JV, Dvorak J : The use of plate fixation in anterior surgery of the degenerative cervical spine : a comparative prospective clinical study. *Eur Spine J* 10 : 408-413, 2001 (レベル II)
- 15) Hacker RJ, Miller CG : Failed anterior cervical foraminotomy. *J Neurosurg* 98 : 126-130, 2003 (レベル III)
- 16) Han C, Kim MH : Extent of disc degeneration after single-level cervical anterior microforaminotomy analyzed with long-term radiological data. *J Korean Neurosurg Soc* 56 : 200-205, 2014 (レベル III)
- 17) Hauerberg J, Kosteljanetz M, Bøge-Rasmussen T, et al : Anterior cervical discectomy with or without fusion with ray titanium cage : a prospective randomized clinical study. *Spine* 33 : 458-464, 2008 (レベル II)
- 18) Hodges SD, Castleberg RL, Miller T, et al : Cervical epidural steroid injection with intrinsic spinal cord damage. Two case reports. *Spine* 23 : 2137-2142, 1998 (レベル III)
- 19) Joghataei MT, Arab AM, Khaksar H : The effect of cervical traction combined with conventional therapy on grip strength on patients with cervical radiculopathy. *Clin Rehabil* 18 : 879-887, 2004 (レベル II)
- 20) Johnson JP, Filler AG, McBride DQ, et al : Anterior cervical foraminotomy for unilateral radicular disease. *Spine* 25 : 905-909, 2000 (レベル III)
- 21) Kim H, Lee SH, Kim MH : Multislice CT fluoroscopy-assisted cervical transforaminal injection of steroids : technical note. *J Spinal Disord Tech* 20 : 456-461, 2007 (レベル III)
- 22) Kim KT, Kim YB : Comparison between open procedure and tubular retractor assisted procedure for cervical radiculopathy : results of a randomized controlled study. *J Korean Med Sci* 24 : 649-653, 2009 (レベル II)
- 23) Koç RK, Menkü A, Tucer B, et al : Anterior cervical foraminotomy for unilateral spondylotic radiculopathy. *Minim Invasive Neurosurg* 47 : 186-189, 2004 (レベル III)
- 24) Korinth MC, Krüger A, Oertel MF, et al : Posterior foraminotomy or anterior discectomy with polymethyl methacrylate interbody stabilization for cervical soft disc disease : results in 292 patients with monoradiculopathy. *Spine* 31 : 1207-1214, 2006 (レベル III)
- 25) Kuijper B, Tans JT, Beelen A, et al : Cervical collar or physiotherapy versus wait and see policy for recent onset cervical radiculopathy : randomised trial. *BMJ* 339 : b3883, 2009 (レベル I)
- 26) Lee JY, Löhr M, Impekoven P, et al : Small keyhole transuncal foraminotomy for unilateral cervical radiculopathy. *Acta Neurochir (Wien)* 148 : 951-958, 2006 (レベル III)
- 27) Lees F, Turner JW : Natural history and prognosis of cervical spondylosis. *Br Med J* 2 : 1607-1610, 1963 (レベル III)
- 28) Lubelski D, Healy AT, Silverstein MP, et al : Reoperation rates after anterior cervical discectomy and fusion versus posterior cervical foraminotomy : a propensity-matched analysis. *Spine J* 15 : 1277-1283, 2015 (レベル III)
- 29) Ludwig MA, Burns SP : Spinal cord infarction following cervical transforaminal epidural injection : a case report. *Spine* 30 : E266-268, 2005 (レベル III)
- 30) Ma DJ, Gilula LA, Riew KD : Complications of fluoroscopically guided extraforaminal cervical nerve blocks. An analysis of 1036 injections. *J Bone Joint Surg Am* 87 : 1025-1030, 2005 (レベル II)
- 31) Malone DG, Baldwin NG, Tomecek FJ, et al : Complications of cervical spine manipulation therapy : 5-year retrospective study in a single-group practice. *Neurosurg Focus* 13 : ecp1, 2002 (レベル III)
- 32) Matz PG, Holly LT, Groff MW, et al : Indications for anterior cervical decompression for the treatment of cervical degenerative radiculopathy. *J Neurosurg Spine* 11 : 174-182, 2009 (レベル II)
- 33) McAnany SJ, Kim JS, Overley SC, et al : A meta-analysis of cervical foraminotomy : open versus minimally-invasive tech-

- niques. *Spine J* 15 : 849-856, 2015 (レベルII)
- 34) Mochida K, Komori H, Okawa A, et al : Regression of cervical disc herniation observed on magnetic resonance images. *Spine* 23 : 990-995, 1998 (レベルIII)
- 35) Oktenoglu T, Cosar M, Ozer AF, et al : Anterior cervical microdiscectomy with or without fusion. *J Spinal Disord Tech* 20 : 361-368, 2007 (レベルII)
- 36) Olivero WC, Dulebohn SC : Results of halter cervical traction for the treatment of cervical radiculopathy : retrospective review of 81 patients. *Neurosurg Focus* 12 : Ecp1, 2002 (レベルIII)
- 37) Oppenheim JS, Spitzer DE, Segal DH : Nonvascular complications following spinal manipulation. *Spine J* 5 : 660-666, 2005 (レベルIII)
- 38) 小田裕胤 : 疫学・自然経過. 越智隆弘, 菊地臣一 (編) : NEW MOOK 整形外科 No. 6 頸椎症. 東京, 金原出版, 1999, pp22-29 (レベルIII)
- 39) Padua L, Padua R, LoMonaco M, et al : Radiculomedullary complications of cervical spinal manipulation. *Spinal Cord* 34 : 488-492, 1996 (レベルIII)
- 40) Park YK, Moon HJ, Kwon TH, et al : Long-term outcomes following anterior foraminotomy for one- or two-level cervical radiculopathy. *Eur Spine J* 22 : 1489-1496, 2013 (レベルIII)
- 41) Peolsson A, Söderlund A, Engquist M, et al : Physical function outcome in cervical radiculopathy patients after physiotherapy alone compared with anterior surgery followed by physiotherapy : a prospective randomized study with a 2-year follow-up. *Spine* 38 : 300-307, 2013 (レベルII)
- 42) Persson LC, Carlsson CA, Carlsson JY : Long-lasting cervical radicular pain managed with surgery, physiotherapy, or a cervical collar. A prospective, randomized study. *Spine* 22 : 751-758, 1997 (レベルII)
- 43) Persson LC, Moritz U, Brandt L, et al : Cervical radiculopathy : pain, muscle weakness and sensory loss in patients with cervical radiculopathy treated with surgery, physiotherapy or cervical collar. A prospective, controlled study. *Eur Spine J* 6 : 256-266, 1997 (レベルII)
- 44) Reitman CA, Watters W 3rd : Subdural hematoma after cervical epidural steroid injection. *Spine* 27 : E174-176, 2002 (レベルIII)
- 45) Rhee JM, Yoon T, Riew KD : Cervical radiculopathy. *J Am Acad Orthop Surg* 15 : 486-494, 2007 (レベルIV)
- 46) Ruetten S, Komp M, Merk H, et al : Full-endoscopic cervical posterior foraminotomy for the operation of lateral disc herniations using 5.9-mm endoscopes : a prospective, randomized, controlled study. *Spine* 33 : 940-948, 2008 (レベルI)
- 47) Saal JS, Saal JA, Yurth EF : Nonoperative management of herniated cervical intervertebral disc with radiculopathy. *Spine* 21 : 1877-1883, 1996 (レベルIII)
- 48) Sampath P, Bendebba M, Davis JD, et al : Outcome in patients with cervical radiculopathy. Prospective, multicenter study with independent clinical review. *Spine* 24 : 591-597, 1999 (レベルII)
- 49) Saringer W, Nöbauer I, Reddy M, et al : Microsurgical anterior cervical foraminotomy (uncoforaminotomy) for unilateral radiculopathy : clinical results of a new technique. *Acta Neurochir (Wien)* 144 : 685-694, 2002 (レベルIII)
- 50) Savolainen S, Rinne J, Hernesniemi J : A prospective randomized study of anterior single-level cervical disc operations with long-term follow-up : surgical fusion is unnecessary. *Neurosurgery* 43 : 51-55, 1998 (レベルII)
- 51) Skovrlj B, Gologorsky Y, Haque R, et al : Complications, outcomes, and need for fusion after minimally invasive posterior cervical foraminotomy and microdiscectomy. *Spine J* 14 : 2405-2411, 2014 (レベルIII)
- 52) Stav A, Ovadia L, Sternberg A, et al : Cervical epidural steroid injection for cervicobrachialgia. *Acta Anaesthesiol Scand* 37 : 562-566, 1993 (レベルII)
- 53) 鷺見正敏, 庄智矢, 片岡治, 他 : 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 42 : 640-645, 1991 (レベルIII)
- 54) Tiso RL, Cutler T, Catania JA, et al : Adverse central nervous system sequelae after selective transforaminal block : the role of corticosteroids. *Spine J* 4 : 468-474, 2004 (レベルIII)
- 55) 橘滋國, 山崎義矩, 石渡雅男 : (3) 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. 日脊椎脊髄学会誌 13 : 454-459, 2002 (レベルIII)
- 56) Umehayashi D, Hara M, Nakajima Y, et al : Transvertebral anterior cervical foraminotomy : midterm outcomes of clinical and radiological assessments including the finite element method. *Eur Spine J* 22 : 2884-2890, 2013 (レベルIII)
- 57) Waldman SD : Complications of cervical epidural nerve blocks with steroids : a prospective study of 790 consecutive blocks. *Reg Anesth* 14 : 149-151, 1989 (レベルII)
- 58) Wang JC, McDonough PW, Kanim LE, et al : Increased fusion rates with cervical plating for three-level anterior cervical discectomy and fusion. *Spine* 26 : 643-646, 2001 (レベルIII)
- 59) Wang TY, Lubelski D, Abdullah KG, et al : Rates of anterior cervical discectomy and fusion after initial posterior cervical foraminotomy. *Spine J* 15 : 971-976, 2015 (レベルIII)
- 60) Witzmann A, Hejazi N, Krasznai L : Posterior cervical foraminotomy. A follow-up study of 67 surgically treated patients with compressive radiculopathy. *Neurosurg Rev* 23 : 213-217, 2000 (レベルIII)
- 61) Woertgen C, Holzschuh M, Rothoerl RD, et al : Prognostic factors of posterior cervical disc surgery : a prospective, consecutive study of 54 patients. *Neurosurgery* 40 : 724-728, 1997 (レベルII)
- 62) Xie JC, Hurlbert RJ : Discectomy versus discectomy with fusion versus discectomy with fusion and instrumentation : a prospective randomized study. *Neurosurgery* 61 : 107-116, 2007 (レベルII)
- 63) Young IA, Michener LA, Cleland JA, et al : Manual therapy, exercise, and traction for patients with cervical radiculopathy : a randomized clinical trial. *Phys Ther* 89 : 632-642, 2009 (レベルII)
- 64) 山田博晃, 山本英輝, 中島克昌, 他 : 経椎体アプローチによる頸椎椎間板切除術. 脊髄外科 10 : 54-59, 1996 (レベルIII)
- 65) Zoëga B, Karrholm J, Lind B : One-level cervical spine fusion. A randomized study, with or without plate fixation, using radiostereometry in 27 patients. *Acta Orthop Scand* 69 : 363-368, 1998 (レベルIII)
- 66) Zylbergold RS, Piper MC : Cervical spine disorders. A comparison of three types of traction. *Spine* 10 : 867-871, 1985 (レベルI)