

関節リウマチによる軸椎下病変の手術治療に関する研究

分担研究者 鏡 邦芳 北海道大学保健管理センター教授

研究要旨: 関節リウマチによる軸椎下病変は比較的少ないが、頸髄障害をきたした場合、手術治療の適応となる。後弯変形や椎間不安定性が明らかな場合、椎弓根スクリュー固定による頸椎再建を行って良好な結果をえた。脊髄障害の改善、後弯変形の矯正も良好であった。しかしスクリュー刺入による血管神経合併症を完全には否定できず、画像診断によるスクリュー刺入椎弓根の選択が重要である。頸椎椎弓根スクリュー固定は関節リウマチによる軸椎下病変の再建手術に有用である。

A. 研究目的

関節リウマチによる頸椎病変の多くは上位頸椎に初発し、軸椎下に病変が初発することは比較的少ない。したがって関節リウマチによる頸椎病変の手術は環軸椎固定あるいは後頭頸椎固定が多い。しかし明らかな頸髄障害を呈する軸椎下の病変の例は手術が適応となる。本研究では、関節リウマチによる軸椎下病変に対し再建手術の行われた例を調査し、手術方法、成績について検討した。

B. 研究方法

1994年2月から2007年2月までの間に北海道大学病院整形外科および関連病院で行われた関節リウマチによる軸椎下病変の再建手術は、後頭頸椎固定例を除くと40例であった。女性33例、男性7例で、年齢は42から76歳、平均61.2歳であった。10例はBrooks法あるいはMagerl法による環軸椎固定、3例は後頭頸椎固定の既往があり、その後の軸椎下病変の進行に対して再建手術が行われた。そのほか、C4-6前方固定の隣接椎間病変、椎弓切除後後弯変形、後方ワイヤーを使用した前方・後方両側固定後の偽関節が再建手術の適応病態であった。全例に頸椎椎弓根スクリュー固定が使用され、固定椎間数は1から10椎間、平均3.7椎間であった。1例を除く39例は同時後方除圧を受けていた。9例が術前

20°以上の後弯変形を伴っていた。Ranawat法で神経障害の推移を評価した。

(倫理面への配慮)

手術に当たっては十分なインフォームドコンセントを得、学会、研究会での発表において患者の個人情報保護を確実にした。

C. 研究結果

手術時間は平均148分(85-305)、術中出血量は平均191ml(20-420)であった。輸血を要した例は術前から貧血があった2例のみであった。全例で骨癒合が得られた。9例の後弯変形は術前平均27.2°から最終経過観察時平均7.3°に改善していた。経過観察中の矯正損失はすべて3度以内であった。37例で手術前後の神経障害が評価できたが、Ranawat法で2段階改善が2例、1段階改善が20例、不変14例で悪化例はなかった。手術の合併症として、深部感染が1例に生じ持続洗浄で解消した。1例の髄液瘻は腰椎ドレナージで対応した。迂り整復後に神経根障害が1例で生じたが椎間孔切除で治癒した。術後換気障害が1例あり再挿管を要したが2日で脱却した。術後CTなどによるスクリュー逸脱あるいはスクリュースレッドの椎弓根外露出の頻度は脊椎損傷例などよりは高く8.7%あった。またsegmental固定が完全にできた例は少なく、スクリュー刺入椎弓根はある程度限定された。隣

接椎間の破壊進行が4例あり、うち2例が固定範囲の延長を要した。固定は同じく頸椎椎弓根スクリュー固定によった。



63F: RA subaxial Lesion, Ranawat IIIB

図1a 症例63歳、女性、関節リウマチによる軸椎下病変(術前)

多椎間で不安定性あり、中下位頸椎では後弯変形を呈していた。Ranawat IIIB の高度頸髄障害を呈していた。

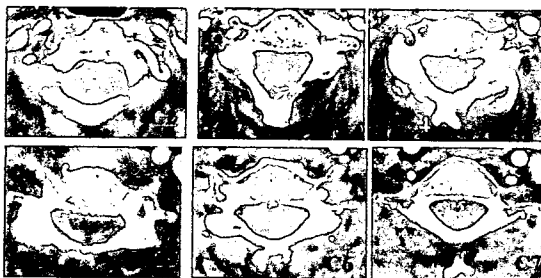


図1b 術前 Enhance-CT

椎弓根はC4、5で特に小さく、椎骨動脈は一部の横突孔内で蛇行していた。

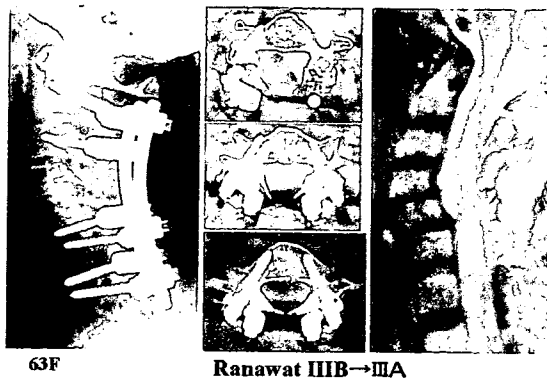


図1c 術後X線写真、CT、MRI

C4、5椎弓根へのスクリュー刺入は困難でC2、3、6、7椎弓根に刺入したスクリューを固定アンカーとして矯正固定した。同時にC3-6の椎弓切除も行った。脊髄障害は Ranawat IIIA に改善した。術後CTは椎弓根スクリューの適切な位置への刺入、MRIは良好な除圧状態を示す。

#### D. 考察

関節リウマチによる軸椎下病変による脊髄障害は脊柱管内の肉芽組織や絞扼輪などによる脊柱管の狭小化に椎間不安定性や後弯変形などが加わって生じてことが多い。手術治療としては、不安定性や変形がなければ脊髄除圧単独手術でよいが、不安定性や変形を伴う場合は除圧と再建固定の併用を要する。しかし、軸椎下病変で再建固定を要する例では椎体、椎間板、椎間関節、椎弓など頸椎の構成要素が広範に侵されていることが多く、再建手術の固定アンカーの選択は限定される。特に椎間関節が破壊されると、外側塊スクリューや椎間関節スクリューなども固定アンカーとして期待できないことが少なくない。椎弓根は骨皮質の占める比率が大きく、関節リウマチの影響は他の構成要素より少ない。この椎弓根に刺入されたスクリューは関節リウマチによる軸椎下病変再建手術に威力を発揮する。しかし、関節リウマチによる軸椎下病変が高度に進行すると、側弯・迂り・回旋などの変形が重複し、頸椎椎弓根へのスクリュー刺入が困難で、segmental 固定ができない、胸椎まで固定を延長せざるを得ない、などの例もあった。Computer navigation system の援用もこれを解決する一法と考える。

本報告では神経学的評価にRanawat法を使用した。患者の自覚的評価では改善があっても、Ranawat法では不変と評価されることが少なくなかった。関節リウマチによる頸椎病変による神経障害を適切に評価できる方法の開

発が望まれる。

#### E. 結論

頰椎椎弓根スクリュー固定は関節リウマチによる軸椎下病変の再建手術に有用である。しかし、軸椎下病変が高度に進行した例では椎弓根スクリュー固定にも限界がある。

#### F. 健康危険情報

#### G. 研究発表

##### 1. 論文発表

1. 鏡邦芳:RA頰椎病変の外科治療－インストルメンテーション手術の合併症とその対策. 整形・災害外科 50 巻 773-785 2007.

2. 鏡邦芳:頰椎椎弓根スクリューによる後頭頰椎再建術. 日本脊椎脊髄病学会雑誌 18 巻 717-729 2007.

##### 2. 学会発表

1. 鏡邦芳、須藤英毅:リウマチによる軸椎下病変の手術治療. リウマチ頰椎病変の治療に関するエビデンス形成のための体制確立と技術開発研究班平成 19 年度第 1 回班会議、2007 年 10 月、東京.

#### H. 知的財産権の出願・登録状況

本研究について特許取得や実用新案登録の予定はない。

関節リウマチ頸椎病変により脊髄症状が重症かつ広範囲頸椎固定術施行例の成績に関する研究  
分担研究者 藤村 祥一 国立病院機構相模原病院院長

研究要旨:本研究の目的は、関節リウマチ(RA)頸椎病変により脊髄症状としての重症(Ranawat IIIb)であり、かつ広範囲頸椎固定術が施行された症例の治療成績を検証することである。対象は、平成14~16年度に「関節リウマチの頸椎・上肢機能の再建に関する研究」班が7施設における1990年~99年に実施のRA頸椎手術症例340例を集め作成したデータベースの中の、術前のRanawatの神経症状classがIIIbで、しかも後頭骨から第7頸椎より尾側までの広範囲頸椎固定術が実施されたもの30例である。男2例、女28例、手術時平均年齢60.9歳、RA罹病期間は平均18.6年、下位固定椎は、C7:4例、T1:7例、T2:7例、T3以下:13例であった。記録が得られた30例中、術中と術後4週間以内の合併症を認めたものは15例(50.0%)であった。周術期(術後4週間以内)死亡は1例(3.2%)であった。術後2年あるいはそれ以降でのRanawatの神経症状評価が得られた20例のclassの内訳はII:5例、IIIA:3例、IIIB:6例で、術後2年以内死亡は6例であった。これら20例(追跡率64.5%)についてみると、改善8例(40.0%)、不変6例(30.0%)、死亡6例(30.0%)であった。術後追跡で死亡時期が確認されたのは17例で、術後1年以内5例、術後1~3年3例、3~5年6例、5年以降3例であった。以上によりRA頸椎病変により脊髄症状としての重症(Ranawat IIIb)かつ広範囲頸椎固定術の成績は、1)周術期合併症が約半数にみられる、2)Ranawatらの神経症状classで評価すると、術後2年で改善は40%にすぎない、3)術後2年以内の死亡を30%に認め、生命予後が不良である、という厳しい結果であった。しかしながら、Ranawatの神経症状classに反映されないADLへの効果は臨床的に経験され、手術の効果を享受していないとは言えない面があると推測される。また、評価時期も問題で、こうした重症型の患者群では2年より短期での効果を重点的に評価する方が重要ではないかと考えられる。従って、RA頸椎病変の重症に位置される症例群の評価のためには、その方法と時期を適切に設定し検証していくことが重要であり、今後の課題として提言される。

A. 研究目的

これまでの過去2年度に、関節リウマチ(RA)での頸椎病変治療における重症例として、脊髄症状としての重症例(Ranawat IIIb)の手術成績、ならびに上位頸椎だけでなく中下位頸椎にも病変を有し後頭骨を含めた頸椎全体あるいは後頭骨から胸椎に及ぶ広範囲な固定術が選択された症例の手術成績を報告してきた。さきの脊髄症状としての重症例の解析では、広範囲に及ぶ固定術が成績不良因子の一つとしてあげられ、一方、広範囲固定術では、全般に厳しい治療結果であることが示され

た。

脊髄症状として重症(Ranawat IIIb)でかつ頸椎全体あるいは後頭骨から胸椎に及ぶ広範囲な固定術が必要とされることは多いわけではなく、これに対する成績はこれまでに具体的に示されたことがない。これは単一施設で経験される症例数には限りがあるためと推測される。平成14~16年度に「関節リウマチの頸椎・上肢機能の再建に関する研究」班が7施設におけるRA頸椎手術症例を後ろ向きに調査して作成したデータベースは、そうした意味では多施設から症例が蓄積され、単一施設では示せ

ない対象群を設定し、その治療成績を提示することができ、意義のあることと考える。本研究の目的は、平成 14～16 年度に「関節リウマチの頸椎・上肢機能の再建に関する研究」班が 7 施設における RA 頸椎手術症例を後ろ向きに調査して作成したデータベースを利用し、脊髄症状としての重症 (Ranawat IIIb) でかつ広範囲頸椎固定術が施行された症例の治療成績を検証することである。

## B. 研究方法

データベースは、主に診療録をもとに収集した患者基本、RA、頸椎病変、頸椎手術、術後状況の各情報を含む 7 施設からの 1990 年～99 年に実施の RA 頸椎手術症例 340 例からなる。このうち術前の Ranawat の神経症状 class が IIIb で、しかも後頭骨から第 7 頸椎より尾側までの広範囲頸椎固定術が実施されたものは 31 例であった。男 2 例、女 29 例、手術時平均年齢 60.9 歳、RA 罹病期間は平均 18.6 年、越智分類の明らかな 20 例中 18 例がムチランス型であった。下位固定椎は、C7:4 例、T1:7 例、T2:7 例、T3 以下:13 例で、椎弓切除による除圧が 29 例に実施されていた。主なインプラントは rod + wire and/or hook:19 例、rod + screw:11 例で、ハローベスト固定は 5 例で使用されていた。本研究では、まずこれらの術中と術後 4 週間以内の合併症を解析した。次に、Ranawat らの 4 段階評価に評価時死亡を加え、手術成績を調査した。なお、この後ろ向き調査での Ranawat らの評価法での成績評価は術後 2 年またはそれ以降の時点でのデータ収集としており、術後 2 年以内の死亡症例を評価時死亡とした。さらに追跡時死亡確認が 18 例あり、術後死亡までの期間も調査した。

(倫理面への配慮)

倫理面への配慮として、疫学研究に関する倫理指針(平成 16 年文部科学省・厚生労働省告示第 2 号)、臨床研究に関する倫理指針

(平成 16 年厚生労働省告示第 459 号)に従い、学会、論文発表に於いては個人を特定し得る情報は削除した。

## C. 研究結果

記録が得られた 30 例中、術中と術後 4 週間以内の合併症を認めたものは 15 例 (50.0%) であった。周術期(術後 4 週間以内)死亡は 1 例 (3.2%) であった。術中合併症としては、硬膜損傷 1 例、instrumentation 関連 2 例で、主な術後合併症は、呼吸器合併症 5 例、尿路感染 5 例、消化管出血 2 例、採骨部も含めた創部感染や創の問題 5 例であった。

術後 2 年あるいはそれ以降での Ranawat らの評価法による評価が得られた 20 例の class の内訳は、I:なし、II:5 例、IIIA:3 例、IIIB:6 例で、術後 2 年以内死亡は 6 例であった。これら 20 例(全体における追跡率 64.5%)についてみると、改善 8 例 (40.0%)、不変 6 例 (30.0%)、死亡 6 例 (30.0%) であった

最終追跡時死亡 18 例のうち死亡の時期が確認されたのは 17 例で、術後 1 年以内 5 例、術後 1～3 年 3 例、3～5 年 6 例、5 年以降 3 例であった。

## D. 考察

本結果をまとめると、RA 頸椎病変により脊髄症状としての重症 (Ranawat IIIb) でかつ広範囲頸椎固定術が施行された症例の成績は、周術期合併症が約半数にみられる、2) Ranawat らの神経症状 class で評価すると、術後 2 年で改善は 40%にすぎない、3) 術後 2 年以内の死亡を 30%に認め、生命予後が不良であるという極めて厳しい結果であった。1)、3) については RA として最重症型の患者群であることを考えると、ある程度やむを得ない一面であるかもしれない。ただし 2) については、これだけで手術の効果を享受していないとは言えない面があると推測される。というのは、こ

の結果は単に Ranawat の神経症状 class での評価に基づくもので、この評価法に反映されないADLへの効果、たとえば、座位が可能になった、呼吸状態が改善した等が臨床的に経験されるからである。また、評価の時期も問題で、こうした重症型の患者群では2年より短期での効果を重点的に評価すべきと考える。手術に対するリスクが高く、しかも手術侵襲があまりにも大きいという面を重視し、本成績をもって、手術適応がないのではないか？という指摘があるかもしれないが、必ずしも適切であるとは考えない。こうしたRA頸椎病変の重症に位置される症例群の評価のためには、その方法と時期を適切に設定し検証していくことが重要であり、今後の課題として提言される。

本研究について特許取得や実用新案登録の予定はない。

#### E. 結論

1990年代に実施されたRA頸椎病変により脊髄症状としての重症(Ranawat IIIb)でかつ広範囲頸椎固定術が施行された症例の成績を検証した。現状では、合併症の頻度が高く、Ranawat らの神経症状 class で評価は芳しくなく、生命予後が不良である、という厳しい結果が得られた。これをもとに、本対象のようなRA頸椎病変の重症に位置される症例群に対する評価のための今後の課題を提示した。

#### F. 健康危険情報

#### G. 研究発表

##### 1. 論文発表

##### 2. 学会発表

1. 小田剛紀:RA頸椎病変に対する広範囲頸椎固定術の手術成績. リウマチ頸椎病変の治療に関するエビデンス形成のための体制確立と技術開発研究班平成19年度第1回班会議、2007年10月、東京.

#### H. 知的財産権の出願・登録状況

ムチランス型関節リウマチによる重度頸椎破壊性病変に対する  
後頭骨-腰椎間固定の一例から得た「術後嚥下障害発生に関する重要な示唆」に関する研究  
分担研究者 清水 敬親 榛名荘病院副院長 兼 群馬脊椎脊髄病センター長

研究要旨: 重度リウマチ患者に関しては、頸椎病変の急速かつ継続する病変進行のため頭蓋頸椎移行部を含む多椎間固定術をせざるを得ない場合が少なくない。この場合に生じ得る術後の嚥下障害についての研究は乏しく、その理由の一つは患者背景の複雑さが考えられる。本症例検討においては、術前からの右咽頭部の機能不全と斜頸位の矯正が術後嚥下障害に関与していると考えられた。術前の評価、頭部と体幹の相対的位置関係の検討が今後、術後嚥下困難回避のキーポイントになる可能性が示唆された。

A. 研究目的

破壊性リウマチ頸椎病変は主にムチランス型リウマチに認められ、その外科的治療後(後方固定術後)の嚥下困難は時に問題となる。しかし患者のADLに障害を来しているこの問題に対する知見は乏しく、現段階では該当症例に遭遇した際にその臨床経過を詳細に検討・報告し、後の原因究明に役立てていけるようデータの集積を図るしかない。今回、極めて重度の脊椎病変に対し、後頭骨から第1腰椎までの広範囲脊椎固定術を行うに至った1症例に於いて生じた術後嚥下障害に関し、重要な知見が得られたので報告する。

B. 研究方法

本研究は、経験症例の臨床経過を詳細に検討・報告するものである。

(倫理面への配慮)

倫理面への配慮として、疫学研究に関する倫理指針(平成16年文部科学省・厚生労働省告示第2号)、臨床研究に関する倫理指針(平成16年厚生労働省告示第459号)に従い、学会、論文発表に於いては個人を特定し得る情報は削除した。

C. 研究結果

対象症例と術前後の臨床経過

59歳、女性。入浴中に不全四肢麻痺となり近医に緊急入院。手術目的に当院へ転院。入院時、四肢筋力低下を認め、ADL上は食事・更衣は全介助、座位保持は可能だが起立不能であった(Ranawat IIIBa、清水)。術前評価では嚥下障害は認めなかった。画像所見として頸椎ではAAS+VS+SASの頸椎破壊と右側への斜頸位を認め、C3/4高位での脊髄圧迫を認めた。胸椎では、著明な破壊を伴う側弯変形を認めた。術前に頭蓋直達牽引で矯正を行い、神経症状の悪化や呼吸・嚥下障害を生じないことを確認し、後頭骨腰椎間固定術(C0-L1)施行。術翌朝に抜管、水分摂取を開始した。翌々日より食事開始したところ、嚥下障害を認めた。嚥下造影及び咽頭部ファイバー所見では、第5頸椎高位での咽頭後壁の不整と食物の残留を認めた。潰瘍や閉塞などの器質的障害は認められなかった。摂食体位と食事形態の面から徐々に摂食嚥下リハビリを進め、術後3ヶ月で常食の自力摂取が可能、嚥下造影では食物の左側通過はあるが、食物残留は改善していた。

D. 考察

本症例では術前からの右咽頭部の機能不全と斜頸位の矯正が術後嚥下障害に関与していると考えられた。また、斜台軸椎角や中下位

頚椎前弯角を術前中間位とほぼ同様に固定したが頭部がわずかに後方にシフトしており、嚥下困難発生の一因と考えられた。後頭骨を含む広範囲固定術では、上位頚椎部での屈曲伸展方向だけでなく、頭部の体幹に対する相対的前後方向のアライメントにも配慮することが重要であると思われた。

多くのリウマチ頚椎病変患者は胸椎部以下にも何らかの病変を持っている可能性がある。その検索は、頚椎手術前に十分であるとはいえない。また胸椎より尾側における脊柱アライメントを頚椎手術方法決定に際して参考にする場合も決して多くは無い、と想像される。今回の症例検討の結果からは、頭蓋頚椎移行部を含む頚椎アライメントのみならず、頭部-頚椎と体幹との相対的位置関係も術後嚥下機能に影響しうることが示唆され、今後の本障害原因究明の一助になりうると思われた。

#### E. 結論

極めて重度の破壊性リウマチ脊椎病変に対し、後頭骨から第1腰椎までの広範囲脊椎固定術を行うに至った1症例に於いて、術後に生じた嚥下障害を経験し、その原因を検討した。術前からの右咽頭部の機能不全と斜頸位の矯正が術後の嚥下障害に関与していると考えられた。術前の評価、頭部と体幹の相対的位置関係の検討が今後、術後の嚥下困難回避のキーポイントになる可能性が示唆された。

#### F. 健康危険情報

#### G. 研究発表

##### 1. 論文発表

1. 田内徹、清水敬親、笛木敬介、登田尚史、井野正剛、真鍋和：関節リウマチにおける後頭骨-胸椎間固定術-RRS loop spine system 使用例の検討-。日本脊椎脊髄病学会誌 18巻 364 2007.

2. 田内徹、清水敬親、笛木敬介、井野正剛、登田尚史、真鍋和：ムチランス型関節リウマチにおける重度破壊性頚椎病変に対し後頭骨腰椎間固定術施行後に嚥下障害を生じた1例。東日本整形災害外科学会誌 19巻 265 2007.

##### 2. 学会発表

1. 田内徹、清水敬親、笛木敬介、登田尚史、井野正剛、真鍋和：関節リウマチにおける後頭骨-胸椎間固定術-RRS loop spine system 使用例の検討-。第36回日本脊椎脊髄病学会、2007年4月、金沢。

2. 田内徹、清水敬親、笛木敬介、井野正剛、登田尚史、真鍋和：ムチランス型関節リウマチにおける重度破壊性頚椎病変に対し後頭骨腰椎間固定術施行後に嚥下障害を生じた1例。第56回東日本整形災害外科学会、2007年9月、軽井沢。

3. 田内徹、清水敬親：ムチランス型関節リウマチによる重度頚椎破壊性病変に対する後頭骨腰椎間固定の一例から得た「術後嚥下障害発生に関する重要な示唆」。リウマチ頚椎病変の治療に関するエビデンス形成のための体制確立と技術開発研究班平成19年度第1回班会議、2007年10月、東京。

4. 清水敬親、田内徹、笛木敬介、井野正剛、登田尚史、真鍋和：重度RA頚椎病変の手術における工夫と治療成績。第35回日本リウマチ関節外科学会、2007年11月、東京。

#### H. 知的財産権の出願・登録状況

本研究について特許取得や実用新案登録の予定はない。



リウマチ頸椎病変の治療に関するエビデンス形成のための統計的検討に関する研究  
分担研究者 永田 見生 久留米大学整形外科教授

研究要旨:班員から提出された関節リウマチ(RA)頸椎手術の術後生命予後に及ぼす因子について統計学的検討を行った。340例において、生存は249例、死亡は91例であった。有意に生命予後が悪いことに関連する因子は、年齢では60歳以上、性別では女性、Steinbrocker分類ではclass III、IV群が、X線所見では、軸椎垂直亜脱臼を有する患者、軸椎下亜脱臼を有する患者であった。Ranawatの神経症状class、環軸椎前方亜脱臼の有無、手術方法、罹病期間には有意差がなかった。

A. 研究目的

リウマチ頸椎手術患者の術後生命予後に関する統計解析を行った。

B. 研究方法

リウマチ頸椎手術患者で登録された340例を対象として、Cox比例ハザードモデルを用いて、性、手術時年齢、Steinbrocker(ARA)のclass、Ranawatの神経症状class、環椎前方亜脱臼(AAS)の有無、軸椎垂直脱臼(VS)の有無、軸椎下亜脱臼(SAS)の有無、手術法(0-C固定、C1-2間固定、その他の固定、除圧のみ)、罹病期間(6か月以内、7か月以上)を予後因子として関連性を検討し、多変量リスクモデルを構築した。  
(倫理面への配慮)

本研究は過去に実施した手術症例に対する後ろ向き調査であるため、患者のプライバシーを守る以外、特別な倫理面での配慮を要しないと判断した。

C. 研究結果

340例の内、生存は249例、死亡は91例であった。Cox比例ハザードモデルによる多変量リスクモデルの結果は、生命予後と関連する因子は表1の如く5項目であった。すなわち、統計学的に有意に生命予後が悪いことに関連する因子は、年齢では60歳以上、性別では女

性、Steinbrocker分類ではclass III、IV群が、X線所見では、VSを有する患者、SASを有する患者であった。Ranawatの神経症状class、AASの有無、手術方法、罹病期間(6か月以内、7か月以上)では有意差がなかった。

表1 Cox比例ハザードモデルによる解析結果

リスク因子	Wald Chi-Square	自由度	p値
年齢階級	14.3186	1	0.0002
性別	19.0343	1	<.0001
Steinbrocker	8.1215	3	0.0436
VS	8.9356	2	0.0115
SAS	12.9065	2	0.0016

D. 考察

生命予後に関連があると推察された重症度、すなわちRanawatの神経症状の分類のclass III Bでは91例中36例39.6%が死亡、I、II群あわせて150例中30例33.0%の死亡であり、有意差がなかった

また、罹病期間別の死亡例は、6か月以内は161例中39例24.2%、7か月以上121例中38例31.4%、不明58例中14例24.1%で、7か月以上の死亡率が高かったが、有意差はなかった。罹病期間で有意差が出なかったは、

不明例が多かったことも考えられる。

#### E. 結論

リウマチ頸椎の手術の際には、今回判明した生命予後に関するリスク因子を考慮し、また、説明して手術適応を決めるべきであろう。また、今後は、リスク因子間の相互作用を検討するため、生存樹形モデルを用いた探索的データ解析を行い、臨床的に解釈可能なリスク因子の組み合わせによる予後プロファイル作成を試みる必要がある。

#### F. 健康危険情報

#### G. 研究発表

##### 1. 論文発表

1. 永田見生:9章炎症性・破壊性疾患. 感染性脊椎炎. 最新整形外科学大系 11頸椎・胸椎 中山書店 366-372 2007.
2. 永田見生:9章炎症性・破壊性疾患. 強直性脊椎炎. 最新整形外科学大系 11頸椎・胸椎 中山書店 373-375 2007.
3. 永田見生:9章炎症性・破壊性疾患. 非特異性脊椎炎. 最新整形外科学大系 11頸椎・胸椎 中山書店 376-378 2007.
4. 山田圭、佐藤公昭、朴珍守、神保幸太郎、横須賀公章、吉田龍弘、永田見生:後頭骨再建術の問題点の検討. 西日本脊椎研究会誌 33巻 97-102 2007.

##### 2. 学会発表

1. 永田見生:特殊な頸椎疾患の病態と治療—変性、リウマチ、腫瘍性疾患など—. 鹿児島脊椎脊髄研究会、2007年5月、鹿児島.
2. Yosida S, Ohshima K, F Higuchi, Soejima T, Goto M, Ishibashi Y, Nagata K: Cytotoxic and regulatory T cell response, synovial proliferation and apoptosis in rheumatoid arthritis. The 12th Annual Meeting of the Deutsch-Japanische Orthopädischen Tagung,

May 2007, Kobe.

3. 朴珍守、横須賀公章、山田圭、吉田龍弘、佐藤公昭、永田見生:頸椎化膿性脊椎炎の治療経験. 第67回西日本脊椎研究会、2007年6月、福岡.
4. 永田見生:リウマチ頸椎病変の病態と治療. 第16回宮崎リウマチ医の会、2007年7月、宮崎.
5. Yoshida S, Ohshima K, Higuchi F, Goto M, Ishibashi Y, Nagata K: RCAS1 inhibits cytotoxic T cells while affecting synovial proliferation & apoptosis in rheumatoid arthritis. The 6th Combined Meeting of the Orthopaedic Research Societies, October 2007, Hawaii.

#### H. 知的財産権の出願・登録状況

本研究について特許取得や実用新案登録の予定はない。

RA頸椎術後早期死亡例と長期生存例の比較—生命予後に影響する因子の検討に関する研究  
分担研究者 石井 祐信 国立病院機構西多賀病院院長

研究要旨: 関節リウマチ (RA) 頸椎手術例を対象に、術後早期死亡例と長期生存例を比較し、生命予後に影響する因子を検討した。RA頸椎術後の生命予後は、肺炎、心不全、腎不全などの内科的合併症に左右される。術後早期死亡例の予見は困難であるが、RAの発症が遅く、進行が早い群でその危険が高い。その平均死亡年齢は66歳でRA患者一般と差がなかった。

A. 研究目的

関節リウマチ(以下RA)に伴う頸椎病変に対する手術の適応や術式の決定にあたり、RA患者の生命予後を考慮する必要がある。本研究の目的は、RA頸椎手術例を対象に、術後早期死亡例と長期生存例を比較し、生命予後に影響する因子を検討することである。

B. 研究方法

(対象) 1979～2002年に行った当院で行ったRA頸椎の初回手術195例中、55例が経過中に死亡した。術後10年以上生存例21例(以下、生存群)と術後5年以内の死亡例20例(以下、死亡群)を対象とした。

(方法) 手術時年齢、性別、RA頸椎の分類(上位頸椎、中下位頸椎、広範頸椎)、Steinblockerの病期分類と機能分類、RAの罹病期間と発症年齢、脊髄症の有無、術前・術後歩行能力、術前合併症を両群で比較検討した。死亡群の死亡時年齢、死因および術前合併症との関連、生存群の最終観察時年齢を検討した。統計学的検定にはMann-Whitney U検定と $\chi^2$ 検定を用い、有意水準を $p < 0.05$ とした。

(倫理面への配慮)

倫理面の配慮として、患者の個人情報保護を遵守し、学会、論文発表に於いては個人を特定できる情報は削除した。

C. 研究結果

手術時年齢は、生存群が平均53.4歳(36～74歳)、死亡群が平均62.9歳(41～76歳)で、死亡群が約10歳高齢であった。性別は、生存群が男性8例、女性13例、死亡群が男性5例、女性16例で両群に差がなかった。RA頸椎の分類は、生存群が上位頸椎15例、中下位頸椎3例、広範頸椎3例、死亡群がそれぞれ13例、2例、6例で、両群に差がなかった。Steinblockerの病期分類は、生存群がstage II:6例、stage III:8例、stage IV:7例に対し、死亡群ではそれぞれ1例、3例、17例で、死亡群に病期の進行したものが多かった。機能分類は、生存群がclass I:5例、class II:12例、class III:1例、class IV:3例に対し、死亡群ではそれぞれ0例、3例、7例、11例で、死亡群に機能障害の重症ものが多かった。RA発症年齢は、生存群が平均39.3歳、死亡群が平均49.6歳で、死亡群で約10歳高齢だった。RAの罹病期間は、生存群が平均14年2か月、死亡群が平均13年4か月で両群に差はなかった。脊髄症の有無は、生存群が脊髄症8例、非脊髄症13例、死亡群が脊髄症17例、非脊髄症4例で、死亡群に脊髄症例が多かった。術前歩行能力は、生存群では術前歩行不能のものが21例中1例、死亡群では21例中9例で、死亡群で歩行不能例が多かった。術後も歩行不能であったものは、生存群では21例中1例、死亡群では21例中3例で両群に差がなかった。術前内科的合併症は、確認の可能であった死亡群14例中13例、生存群17

例中 9 例にあり、死亡群に多かった。内容は、生存群の消化性潰瘍 3 例、死亡群の消化性潰瘍 6 例、心・肺合併症がそれぞれ 4 例、糖尿病が 3 例などであった。死亡群の死亡時年齢は 45~78 歳、平均 66.0 歳で、死因は肺炎 6 例、心疾患 5 例、脳血管障害 3 例、腎不全 3 例などであった。肺炎死亡例 5 例の術前合併症は心疾患 3 例、肺疾患 1 例などで、心疾患死亡例 5 例の術前合併症は心疾患、肺疾患がそれぞれ 2 例などで、術前合併症と死因は必ずしも関連していなかった。生存群の最終観察時年齢は死亡群の死亡時年齢と同じ平均 66.0 歳だった。従って、早期死亡の原因は高齢の影響ではないと考えられた。

#### D. 考察

RA患者の死亡年齢は、一般に 62 歳~70 歳と報告されている。本研究では早期死亡群の死亡年齢は 66 歳で、これらの報告と差がなかった。死亡群は、手術時年齢が約 10 歳高齢で、RAの発症が約 10 歳遅く、罹病期間に差がなかったが、病期、機能障害とも重症例が多かった。以上から、早期死亡群は、長期生存群と比較しRAの発症が遅く、進行が速いと言える。RA患者の死因は一般に感染症、心不全、腎不全などが、多数を占める。本研究では肺炎、心疾患、脳血管障害、腎不全の順で、RA患者一般の死因と差がなかった。Casey らは、術前歩行不能例は神経症状の改善や周術期合併症だけでなく、術後生存期間も短いことから、歩行可能な時期での手術を勧めている。Sunahara らによれば、脊髄症の非手術例は 7 年以内に全例死亡した。本研究では、死亡群で、術前歩行不能例が多かったが、術後歩行能力は両群で差がなく、術後早期死亡は脊髄症の影響によるものではなかった。言い換えれば、RA頸椎患者に対する手術はその生命予後を改善している可能性を示唆するものである。

#### E. 結論

RA頸椎術後の生命予後は、肺炎、心不全、腎不全などの内科的合併症に左右される。術後早期死亡例の予見は困難であるが、RAの発症が遅く、進行が早い群でその危険が高い。その平均死亡年齢は 66 歳でRA患者一般と差がなかった。

#### F. 健康危険情報

#### G. 研究発表

##### 1. 論文発表

##### 2. 学会発表

1. 古泉豊、石井祐信ほか:RA上位頸椎手術例における頸部痛の検討:疼痛部位および画像所見との関連. 第 105 回東北整形災害外科学会、2007 年6月、福島.

2. 古泉豊、石井祐信ほか:RAに伴う環軸椎亜脱臼による脊髄症の危険因子. 第 56 回東日本整形災害外科学会、2007 年9月、軽井沢.

3. 古泉豊、石井祐信:RA頸椎手術後 5 年以内死亡例と 10 年以上生存例群の比較. 厚生労働科学研究費補助金「免疫アレルギー疾患予防・治療研究事業」リウマチ頸椎病変の治療に関するエビデンス形成のための体制確立と技術開発研究班平成 19 年度第 1 回班会議、2007 年 10 月、東京.

#### H. 知的財産権の出願・登録状況

本研究について特許取得や実用新案登録の予定はない。

研究成果の刊行に関する一覧表

書籍

著者氏名	論文タイトル名	書籍全体の編集者名	書籍名	出版社名	出版地	出版年	ページ
Matsunaga S, Nagatomo Y, Yamamoto T, Hayashi K, Yone K, Komiya S	Adjacent intervertebral disc lesions following anterior cervical decompression and fusion: A minimum 10-year follow-up	Lewandrowski KU, Yaszanski MJ, Kalfas IH, Park P, McLain RF, Trantolo DJ	Spinal reconstruction. Clinical example of applied basic science, biomechanics, and engineering	Informa health care	New York	2007	149-153
松永俊二	胸郭出口症候群	山口徹、北原光夫、福井次矢	今日の治療指針 2007-私はこう治療している-	医学書院	東京	2007	746
松永俊二	診察と診断:触診	戸山芳昭	最新整形外科学大系11巻 頸椎・胸椎	中山書店	東京	2007	49-52
松永俊二	診察と診断:神経学的診察	戸山芳昭	最新整形外科学大系11巻 頸椎・胸椎	中山書店	東京	2007	53-63

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
Imamura K, Matsunaga S, Nagata M, Nakamura K, Yonouchi M, Yamamoto T, Hayashi K, Komiya S	Ossification of the posterior longitudinal ligament of the thoracic spine in association with polycystic ovary syndrome	Neurology India	54巻4号	448-450	2007
Matsunaga S, Imakire T, Koga H, Ishidou Y, Sasaki H, Taketomi E, Higo M, Tanaka H, Komiya S	Occult spinal canal stenosis due to C-1 hypoplasia in children with Down syndrome	J Neurosurg (Pediatrics)	107巻6号	457-459	2007
小畑知明、石井祐信、中條淳子、両角直樹、星川健、小川真司	関節リウマチにおける上位頸椎病変に対する後頭骨頸椎間固定術の治療成績	臨床整形外科	42巻4号	365-369	2007
松永俊二、今給黎尚典、古賀公明、小宮節郎、井尻幸成	RA頸椎病変の生命予後と機能予後	整形・災害外科	50巻7号	737-741	2007

小田剛紀、米延策雄	RA頸椎病変の外科治療の現状	整形・災害外科	50巻7号	743-750	2007
星地亜都司	RA頸椎病変に対する外科治療のタイミング	整形・災害外科	50巻7号	751-756	2007
石井賢、松本守雄、戸山芳昭	RA頸椎病変に対する術式選択-長期経過を踏まえて	整形・災害外科	50巻7号	757-762	2007
清水敬親、笛木敬介、井野正剛、登田尚史、田内徹、真鍋和	RA頸椎病変の外科的治療-術前・術後管理	整形・災害外科	50巻7号	763-771	2007
小塚知明、両角直樹、古泉豊、田村則男、石井祐信	関節リウマチにおける椎間孔内狭窄による腰部神経根症	整形・災害外科	50巻10号	1149-1154	2007
松永俊二、長友淑美、宮口文宏、川畑了大、救仁郷修、山元拓哉、井尻幸成、林協司、山元拓哉、米和徳、石堂康弘、小宮節郎	超健康高齢者の心理的特徴について	整形外科と災害外科	56巻1号	73-75	2007
松永俊二、古賀公明、川畑直也、湯浅伸也、今給黎尚典、長野芳幸、山元拓哉、長友淑美、宮口文宏、井尻幸成、米和徳、小宮節郎	頸椎後縦靭帯骨化を呈した二卵性双生児姉妹	整形外科と災害外科	56巻3号	375-376	2007
松永俊二、小宮節郎	高齢関節リウマチ患者の頸椎病変に対する外科的治療	脊椎脊髄ジャーナル	20巻5号	629-633	2007
古賀公明、松永俊二	骨粗鬆症性脊椎椎体骨折後偽関節に対する手術適応と工夫	別冊整形外科	52巻	80-83	2007
小塚知明、石井祐信、山崎伸、両角直樹、田村則男、中村聡、橋本功、中條淳子、高橋博之	後頭骨頸椎間固定術後に中下位頸椎椎体圧潰を生じた関節リウマチの1例	東北整形災害外科学会雑誌	51巻1号	86-89	2007
松永俊二、長友淑美、山元拓哉、川畑了大、宮口文宏、救仁郷修、井尻幸成、米和徳、小宮節郎、米延策雄	頸椎後方手術における成績評価の進歩	西日本脊椎研究会誌	33巻1号	87-89	2007

川畑直也、湯浅伸也、古賀公明、松永俊二、今給黎尚典、長野芳幸、長友淑美、山元拓哉、宮口文宏、井尻幸成、米和徳、小宮節郎	腰部脊柱管狭窄症の手術成績に関する患者立脚調査－医師評価との乖離とその原因	西日本脊椎研究会誌	33巻2号	147-148	2007
---	---------------------------------------	-----------	-------	---------	------

# 13 | Adjacent Intervertebral Disc Lesions Following Anterior Cervical Decompression and Fusion: A Minimum 10-Year Follow-up

**Shunji Matsunaga**

*Department of Orthopaedic Surgery, Imakiire General Hospital, Kagoshima, Japan*

**Yoshimi Nagatomo, Takuya Yamamoto, Kyoji Hayashi,  
Kazunori Yone, and Setsuro Komiya**

*Department of Orthopaedic Surgery, Graduate School of Medical and Dental Sciences,  
Kagoshima University, Kagoshima, Japan*

## INTRODUCTION

Anterior cervical decompression and fusion was introduced by Robinson and Smith (1) and Cloward (2,3) in the 1950s and became a common procedure because of the excellent clinical results achieved (4–10). However, the influence of anterior cervical decompression and fusion on the unfused segments of the spine has become clear through long-term follow-up studies (11–15). Examination by routine radiography showed the development of degeneration (11,14). Recently, artificial intervertebral disc replacement has developed as a substitute for anterior decompression and fusion (16,17). The authors have investigated the occurrence of herniation of the unfused intervertebral discs on magnetic resonance imaging (MRI) following anterior cervical decompression and fusion to elucidate the influence of this surgery on the unfused segments of the spine.

## SUBJECTS AND METHOD

Forty-six patients (31 men, 15 women) subjected to anterior cervical decompression and fusion for herniation of intervertebral discs was examined by MRI pre and postoperatively and post-surgical occurrence of disc herniation were examined with a minimum of 10-year follow-up. Their age at the time of operation ranged from 29 to 71 years (average age 41.3 years old). Anterior decompression and fusion was carried out according to Cloward technique in 28 patients, Robinson technique in four patients, and subtotal vertebrectomy in 14 patients. The range of fusion comprised one segment in 26 patients, two segments in 16 patients, and three segments in four patients. The portions of fusion were C3/4 in 10, C4/5 in 20, C5/6 in 26, C6/7 in 13, and C7/T1 in one patients. Postoperative follow-up was 16.5 years (average ranging from 10–26 years). Disc herniation was defined as the bulging annulus that encroaches on the thecal sac in T1-weighted MRI according to Maruyama's criteria (18). Clinical symptoms were evaluated by the criteria for cervical myelopathy established by the Japanese Orthopaedic Association (JOA score) (19) and the criteria for pain established by White (20). Postoperative results were assessed according to the neuralgic recovery rate of Hirabayashi (21), and were classified according to a four-grade scale into: poor (improvement rate below 25%), fair (26% to 50%), good (51% to 75%), and excellent (more than 76%). Relief of pain was classified using four-grade scale into: poor, fair, good, and excellent according to White's criteria.

## STATISTICAL ANALYSIS

Categorical variables were analyzed using  $\chi$ -square analysis or Fisher's exact test. All values were expressed as means with 95% confidence intervals.



TABLE 1 Characteristics of Patients Showing the Occurrence of Herniation of Intervertebral Discs Postoperatively

Case	Sex	Age (yr)	Fused discs	Procedure	Level of disc herniation	Onset of herniation after surgery (mo)
1	M	31	C4/5	Cloward	C3/4, C6/7 <sup>a</sup>	37
2	M	66	C4/5	Cloward	C3/4	51
3	F	29	C5/6	Cloward	C6/7	38
4	F	41	C5/6	Cloward	C6/7	44
5	M	49	C3/4, C4/5	Cloward	C5/6, C6/7	29
6	M	61	C3/4, C4/5, C5/6	Cloward	C6/7	56
7	M	54	C3/4, C4/5	SV	C5/6, C6/7	31
8	F	46	C3/4, C4/5	SV	C5/6	23
9	M	71	C4/5, C5/6	SV	C6/7	42
10	M	50	C4/5, C5/6	SV	C3/4	210
11	F	58	C3/4, C4/5	SV	C5/6	64
12	M	49	C3/4, C4/5	SV	C5/6	68
13	M	52	C5/6, C6/7	SV	C7/T1	69
14	F	39	C5/6, C6/7	SV	C4/5	112
15	M	41	C5/6, C6/7	SV	C4/5	281
16	M	40	C3/4, C4/5, C5/6	SV	C6/7	26

<sup>a</sup>Shows the disc herniation on nonadjacent segment to fusion.

Abbreviations: M, male; F, female; Cloward, Cloward's anterior discectomy and fusion; SV, subtotal vertebrectomy.

## RESULTS

Herniation of unfused intervertebral discs was detected in 16 patients (19 discs) out of the 46 patients who underwent MRI examination postoperatively (Fig. 1). The segment affected was C3/4 in three cases, C4/5 in two, C5/6 in five, C6/7 in eight, and C7/T1 in one. In all but one cases, disc herniation was found on the segments adjacent to anterior decompression and fusion (Table 1). Herniation of unfused intervertebral disc occurred more frequently within five years after surgery (Fig. 2) (22). In case of double- and triple-level fusion, herniation of



FIGURE 1 Occurrence of herniation of unfused intervertebral disc. Massive herniation of C6/7 intervertebral disc was recognized in a 44 year-old woman who had undergone C5/6 anterior decompression and fusion 44 months previously.

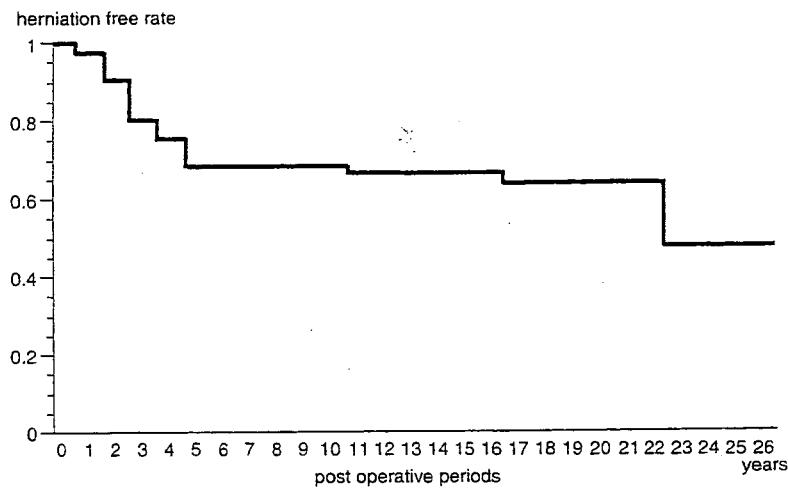


FIGURE 2 Herniation-free rate calculated by Kaplan–Meier method following anterior decompression and fusion.

unfused intervertebral disc occurred more frequently than in the case of single-level fusion (Table 2).

The final recovery rate for myelopathy and pain is shown in Table 3. The rate of relief of pain was superior to that of recovery of myelopathy. The average recovery rate of myelopathy of patients with postoperative disc herniation was 21.9%. This rate was significantly ( $P < 0.01$ ) low when compared with the rate (58.4%) of patients who did not develop disc herniation postoperatively.

**DISCUSSION**

Anterior cervical decompression and fusion is an established surgical procedure and many researchers have reported good results with this surgery for the treatment of cervical lesions. However, long-term follow-up evaluation of anterior cervical decompression and fusion revealed degenerative changes at levels above and below the fusion. Many claims about the influence of anterior cervical fusion on the unfused segments of the spine have been made. Capen et al. (14) reported that degenerative changes above and below the fusion were detected in 36 of 59 patients treated by anterior surgery after long-term follow-up. Baha et al. (11) noted that cervical flexion/extension resulted in significantly increased movement about the vertebral interspace at the upper adjacent level following anterior cervical fusion. Whether the degenerative changes of the nonfused discs are the body’s response to altered mechanical forces on joints next to a fused spinal segment or whether the changes merely represent the natural progression of the degenerative disease process is difficult to ascertain. Gore et al. (23) reviewed the pre- and postoperative lateral cervical roentgenograms of 90 patients who had undergone anterior cervical fusion and compared their findings with age- and sex-matched people without neck problems. They concluded that there was no difference in the incidence of degenerative change between the operated and control group at the levels above and below the fusion. Cherubimo et al. (24) reported that in spite of the worsening of the radiographic findings, from a clinical standpoint there was a significant improvement in

TABLE 2 Relationship Between Occurrence of Herniation and Number of Fusion Discs

Number of fusion discs	Patients	Patients with occurrence of disc herniation (%)	P
One segment	26	4 (15.4)	—
Two segments	16	10 (62.5)	<0.01
Three segments	4	2 (50)	<0.01

**TABLE 3** Surgical Results of Myelopathy and Pain

	Patients with adjacent disc herniation [mean (SD)]	Patients without adjacent disc herniation [mean (SD)]
No. of patients	16	30
Recovery rate of myelopathy (%)	21.9 (52.8)	58.4 (34.8)
Grading of recovery of myelopathy		
Excellent	1	9
Good	3	16
Fair	7	4
Poor	5	1
Relief of pain		
Excellent	0	15
Good	4	9
Fair	7	5
Poor	5	1

the symptomatology of 86.5% of the patients. They concluded that degenerative change following anterior cervical fusion was not clinically important. However, patients with postoperative disc herniation of unfused segments showed significantly poor clinical results in the current study. The influence of anterior cervical decompression and fusion on unfused segments cannot be ignored. Recently, artificial intervertebral disc replacement has developed as a substitute for anterior decompression and fusion.

A biomechanical analysis is necessary after anterior cervical decompression and fusion to elucidate its influence on adjacent segments. We had reported that the change of distribution of discs strain following anterior cervical decompression and fusion by individual plane X-ray films of the cervical spine (25). In this study, no statistical increase of shear strain was observed postoperatively in case of single-level fusion. In case of double- and triple-level fusion, however, shear strain was increased at one year postoperatively. Thereafter, the shear strain decreased gradually both in one-level fusion and multi-level fusion. The postoperative herniation occurred more frequently within five years after surgery, and the rate of herniation decreased with time. These changes of shear strain on the intervertebral disc may impact the development of disc herniation following anterior cervical decompression and fusion.

There are many reports about evaluation of disc degeneration by MRI (18,26,27). However, the correlation between histological changes and MRI findings has not yet been established. Maruyama (18) examined 210 cervical discs histologically and by MRI, and established a relationship between types of findings. He emphasized the risk of false-positive posterior protrusion on MRI. We could not determine whether all cases of herniation on MRI in our study represented herniation in the strict sense. However, Maruyama (18) reported that the bulging annulus that encroaches on the thecal sac in T1-weighted MRI corresponded to protrusion-type herniation of the disc in the histological examination in 79.3% of the cases. In our study, nine of 16 patients with disc herniation on MRI showed worsening of clinical symptoms. The development of herniation on postoperative MRI should not be ignored.

## REFERENCES

1. Robinson RA, Smith GW. Anterolateral cervical disc removal and interbody fusion for cervical disc syndrome. *Bull Johns Hopkins Hosp* 1955; 96:223-224.
2. Cloward RB. The anterior approach for removal of ruptured cervical discs. *J Neurosurg* 1958; 15:602-617.
3. Cloward RB. History of the anterior cervical fusion technique. *J Neurosurg* 1985; 63:817-818.
4. Connolly Es, Seymour RJ, Adams JE. Clinical evaluation of anterior cervical fusion for degenerative cervical disc disease. *J Neurosurg* 1965; 23:431-437.
5. Gore DR, Sepic SB. Anterior cervical fusion for degenerated or protruded discs. A review of one hundred forty-six patients. *Spine* 1984; 9:667-671.
6. Green PW. Anterior cervical fusion. A review of thirty-three patients with cervical disc degeneration. *J Bone Joint Surg [Br]* 1977; 59:236-240.

7. Herkowitz HN, Kürz LT, Overholt DP. Surgical management of cervical soft disc herniation. A comparison between the anterior and posterior approach. *Spine* 1990; 10:1026-1030.
8. Lindberg L. Anterior cervical fusion for cervical rhizopathies. A follow-up study. *Acta Orthop Scand* 1970; 41:312-519.
9. Moussa AH, Nitta M, Symon L. The results of anterior cervical fusion in cervical spondylosis. Review of 125 cases. *Acta Neurochir Wien* 1983; 68:277-288.
10. Wiersma JA. Anterior cervical fusion: long-term follow-up of 48 patients. *J Am Osteopath Assoc* 1976; 75:564-568.
11. Baba H, Furusawa N, Imura S, Kawahara N, Tsuchiya H, Tomita K. Late radiographic findings after anterior cervical fusion for spondylotic myeloradiculopathy. *Spine* 1993; 18:2167-2173.
12. Braunstein EM, Hunter LY, Bailey RW. Long term radiographic changes following anterior cervical fusion. *Clin Radiol* 1980; 31:201-203.
13. Brunton FJ, Wilkinson JA, Wise KS, Simonis RB. Cine radiography in cervical spondylosis as a means of determining the level for anterior fusion. *J Bone Joint Surg [Br]* 1982; 64:399-404.
14. Capen DA, Garland DE, Waters RL. Surgical stabilization of the cervical spine. A comparative analysis of anterior and posterior spine fusions. *Clin Orthop* 1985; 196:229-237.
15. Hunter LY, Braunstein EM, Bailey RW. Radiographic changes following anterior cervical fusion. *Spine* 1980; 5:399-401.
16. Wigfield CC, Gill SS, Nelson RJ, Metcalf NH, Robertson JT. The new Frenchay artificial cervical joint results from a pilot study. *Spine* 2002; 27:2446-2452.
17. Pickett GE, Rouleau JP, Duggal N. Kinematic analysis of the cervical spine following implantation of an artificial cervical disc. *Spine* 2005; 30:1949-1954.
18. Maruyama Y. Histological, magnetic resonance imaging, and discographic findings on cervical disc degeneration in cadaver spines: a comparative study. *J Jpn Orthop Assoc* 1995; 69:1102-1112.
19. Yone K, Sakou T, Yanase M, Ijiri K. Preoperative and postoperative magnetic resonance imaging evaluations of the spinal cord in cervical myelopathy. *Spine* 1992; 17:S388-S392.
20. White AA III, Southwick WO, Deponte RJ, Gainor JW, Hardy R. Relief of pain by anterior cervical fusion for spondylosis. A report of sixty-five patients. *J Bone Joint Surg* 1973; 55A:525-534.
21. Hirabayashi K, Miyakawa J, Satomi K, Maruyama T, Wakano K. Operative results and postoperative progression of ossification among patients with ossification of cervical posterior longitudinal ligament. *Spine* 1981; 6:354-364.
22. Kaplan EL, Meier P. Nonparametric estimation from incomplete observation. *J Am Stat Assoc* 1958; 53:457-481.
23. Gore DR, Gardner GM, Sepic SB, Murray MP. Roentgenographic findings following anterior cervical fusion. *Skeletal Radiol* 1986; 15:556-559.
24. Cherubino P, Benazzo F, Borromeo U, Perle S. Degeneration arthritis of the adjacent spinal joints following anterior cervical spinal fusion: clinicoradiologic and statistical correlations. *Ital J Orthop Traumatol* 1990; 16:533-543.
25. Matsunaga S, Kabayama S, Yamamoto T, Yone K, Sakou T, Nakanisshi K. Strain on intervertebral discs after anterior cervical decompression and fusion. *Spine* 1999; 24:670-675.
26. Finelli DA, Hurst GC, Karaman BA, Simon JE, Duerk JL, Bellon EM. Use of magnetization transfer for improved contrast on gradient-echo MR images of the cervical spine. *Radiology* 1994; 193:165-171.
27. Modic MT, Masaryk TJ, Mulopulos GP, Bundschuh C, Han JS, Bohlman H. Cervical radiculopathy: prospective evaluation with surface coil MR imaging, CT with metrizamide, and metrizamide myelography. *Radiology* 1986; 161:753-759.