

図3 RAによる環・小指の伸筋腱断裂—石黒法による再建と減張位早期運動療法
 a: 術前, b: 手指伸筋腱再建術 (石黒法), c: 減張位早期運動療法.

手関節⁵⁾

A. 関節形成術 (図2)

1. 尺骨遠位端切除 (Darrach 法)

尺骨遠位端切除は、遠位橈尺関節の破壊があり回内外時の疼痛が著明な場合や、背側への尺骨頭脱臼により伸筋腱の断裂が存在する場合、滑膜切除と併用して行う⁶⁾。問題点として、尺骨遠位切除端の不安定性による痛みや、尺側の支持の消失による手根骨の尺側偏位の出現が指摘されている。したがって、活動性の低い、比較的高齢者や橈骨手根関節が強直位にある例が最もよい適応となる。

術前 X線検査にて、すでに手根骨の尺側偏位が存在したり、橈骨遠位尺側縁が近位尺側へ傾斜している例では Darrach 法単独は禁忌である。近年、切除端の不安定性による疼痛が問題点として指摘され、種々の安定化術が報告されている。筆者らは、尺側手根伸筋腱 (ECU 腱) を用いた再建を行っている⁷⁾。ECU 腱の遠位橈側に近位あるいは遠位を基部とする half slip を作成し、切除端の背側につくった骨孔に通し、反転して最大緊張下に同腱に inter-

lacing 縫合を行う。

伸筋腱の断裂を合併する場合には腱の再建術も同時に行う。小指側から順に断裂していく。再建法としては、長掌筋腱による腱移植 (bridge graft)、腱移行 (示指固有伸筋腱) などがあるが、最近では断裂腱の遠位断端を隣接する腱に順に端側縫合し、早期運動療法を行う石黒法を行うことが多い (図3)⁸⁾。示指まで4指が断裂している例では、手関節伸筋腱や浅指屈筋腱による腱移行を考慮する場合もある。

2. Sauvé-Kapandji (S-K) 法

Sauvé-Kapandji (S-K) 法は、DRU 関節の破壊により前腕回旋時痛がある例が適応となる。Darrach 法では握力の低下をきたす場合があることと、手関節の横幅が狭くなるのが欠点であり、比較的青年者で活動性が高い場合は S-K 法が選択される。S-K 法後長期経過例では尺骨頭と尺側手根骨が癒合することが多く、手関節の安定性に寄与しうると考えられる。しかし、すでに橈骨手根関節が強直位にある場合は S-K 法の必要はない。

S-K 法の問題点として、Darrach 法と同様に、近位端の不安定性によるクリック、疼痛があげられる。不安定性が著明な場合、近位端と橈骨が衝突

(impinge) する。筆者らは、先に述べた ECU の半裁腱を用いた遠位端安定化術を追加して行っており⁷⁾、不安定性をきたした例は経験していない。

3. hemiresection interposition arthroplasty (Bowers 法), matched distal ulnar resection (Watson 法)⁹⁾

hemiresection interposition arthroplasty および matched distal ulnar resection は、比較的早期の RA で三角線維軟骨複合体 (triangular fibrocartilage complex: TFCC) の機能が温存されているが DRU 関節面の破壊による回旋時痛が著明な場合が適応となる。したがって、RA に対する適応はきわめて少ないと思われる。

尺骨の TFCC 附着部を温存して尺骨頭の橈骨との関節面を切除し、切離した関節包および伸筋支帯を尺骨頭の切除面に介在させるように縫合する。長掌筋腱の腱球を挿入する場合もある。

B. 関節固定術

1. 橈骨月状骨間固定術

橈骨月状骨間固定術は、橈骨手根関節の破壊による手関節掌背屈での疼痛が強くなり、手根中央関節は比較的保たれている例が適応となる。また術前手根骨の尺側偏位や橈側回転がみられる場合に Darrach 法を行う際は、手関節のアライメントの矯正と変形の進行を防止する目的で橈骨月状骨間固定を追加する。

橈骨月状骨窩および月状骨関節面を海綿骨が露出するまでリウエルで切除した後、月状骨を可及的に解剖学的位置に整復する。手根骨の尺側偏位、橈側回転を矯正するように留意する。腸骨あるいは切除した尺骨を用い、ブロック状に橈骨月状骨関節の高さを保持するような形で移植する。内固定として Kirschner 鋼線 (K 鋼線) や Herbert screw, ステープルを用いる¹⁰⁾。術後は 6 週間の外固定を行う。

Darrach 法単独では X 線での病期の進行を認める例があり、橈骨月状骨間固定術の追加はより安定した手関節の獲得と破壊の進行を防ぐ可能性があると考えられ、有用な方法である¹¹⁾。

2. 全手関節固定術¹²⁻¹⁴⁾

RA 手関節では手根中央関節での関節破壊は痛みの原因となることが少なく、全手関節固定術が適応となる場合は少ないと考えられる。また手関節可動

域は腱の滑動 (excursion) の増加によってきわめて重要であり、とくに腱断裂を伴う例では全固定術により十分な腱の滑動が得られず、手指の運動機能の損失が大きくなる。また、同側の肩、肘関節にも機能障害が存在する場合は全固定術によって ADL が著明に障害されてしまう。したがって全固定術が適応となるのは、全手関節の破壊があり、同側の肩、肘、手指の機能が温存されている活動性の高い若年者や、手関節伸筋腱群が断裂した有痛性の高度の屈曲拘縮が存在する場合に限られる。

手関節の固定肢位に関しては意見の分かれるところである。筆者らは屈曲伸展および橈尺屈中間位での固定を原則としているが、両側例では片側は中間位で、対側は 20° 程度の屈曲位で固定するのがよい。

C. 人工関節置換術

人工関節は、同側の肩、肘、手指の破壊が存在し、手関節の可動域が必要な活動性の低い例で適応となるが、欧米での報告では長期にわたり安定した成績が得られていないのが現状である。日本では利用可能な人工手関節はまだ存在しない。

1967 年に Swanson が手関節に対してフレキシブルなシリコン人工関節を応用したが、シリコン滑膜炎やインプラントの破損など大きな問題点があった¹⁵⁾。1970 年代後半に、全人工関節として Meuli¹⁶⁾ や Volz¹⁷⁾ らにより ball and socket 人工関節が開発され臨床応用された。1~2 年の短期成績は良好であったが、5 年前後の長期では遠位コンポーネントの弛みや脱臼などを生じ、failure rate は 30% 前後にのぼると報告されている。また骨切除量が多く、手関節固定術など salvage 手術が困難であることも大きな問題点である。

非拘束型の人工手関節として、1983 年に Mayo Clinic で開発された Biaxial wrist prosthesis や、Menon らによる Universal wrist prosthesis などがある。Biaxial prosthesis の 5 年以上の成績の報告では、46 例中 8 例で遠位コンポーネントの弛み、1 例で脱臼が生じたとしている¹⁸⁾。Universal prosthesis の 37 例、術後平均 6.7 年の成績では、5 例で掌側脱臼を生じたとし、合併症による二次手術は 26% で必要であったとしている¹⁹⁾。成績は向上しているものの、今後さらに手技および機種改善による長期成績の向上が望まれる。

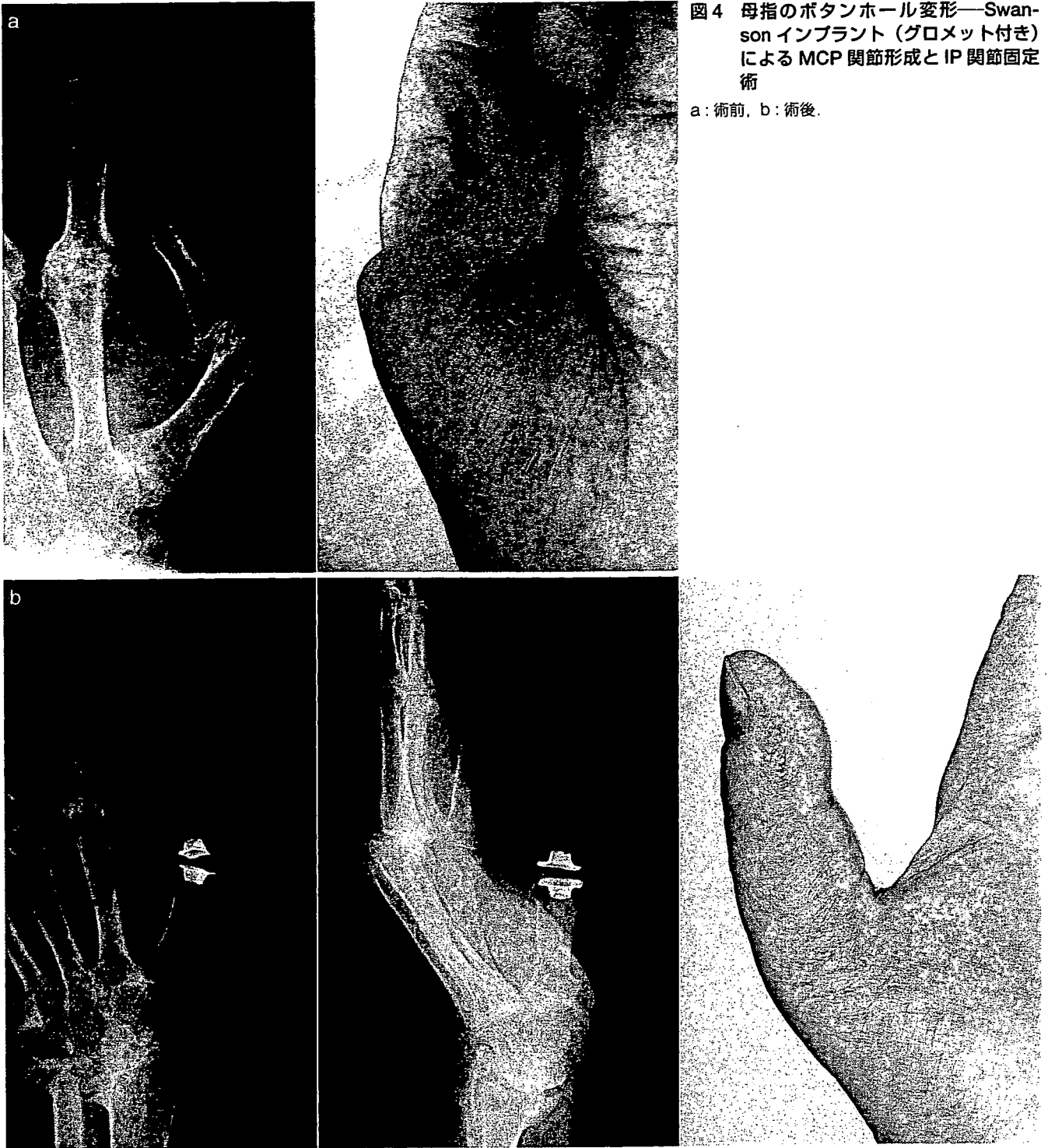


図4 母指のボタンホール変形—Swanson インプラント (グロメット付き) による MCP 関節形成と IP 関節固定術

a: 術前, b: 術後.

手指

A. 腱形成, 軟部組織再建

関節破壊が進行しておらず, 関節拘縮が軽度な例では軟部組織の再建による変形矯正が可能であるが, 適応は少ない.

1. MCP 関節

中手指節関節 (metacarpophalangeal joint : MCP 関節) において, 総指伸筋腱が尺側に脱臼し, 指の伸展制限や尺屈偏位を認める場合には, 伸筋腱の centralization が行われる. 通常は滑膜切除や後述する MCP 関節形成術と同時に行うことが多い. 尺側の extensor hood を縦切し, 伸筋腱を整復した後, 橈側の hood を縫縮する. スワンネック変形 (swan-neck deformity) で MCP 関節の屈曲, 近位指

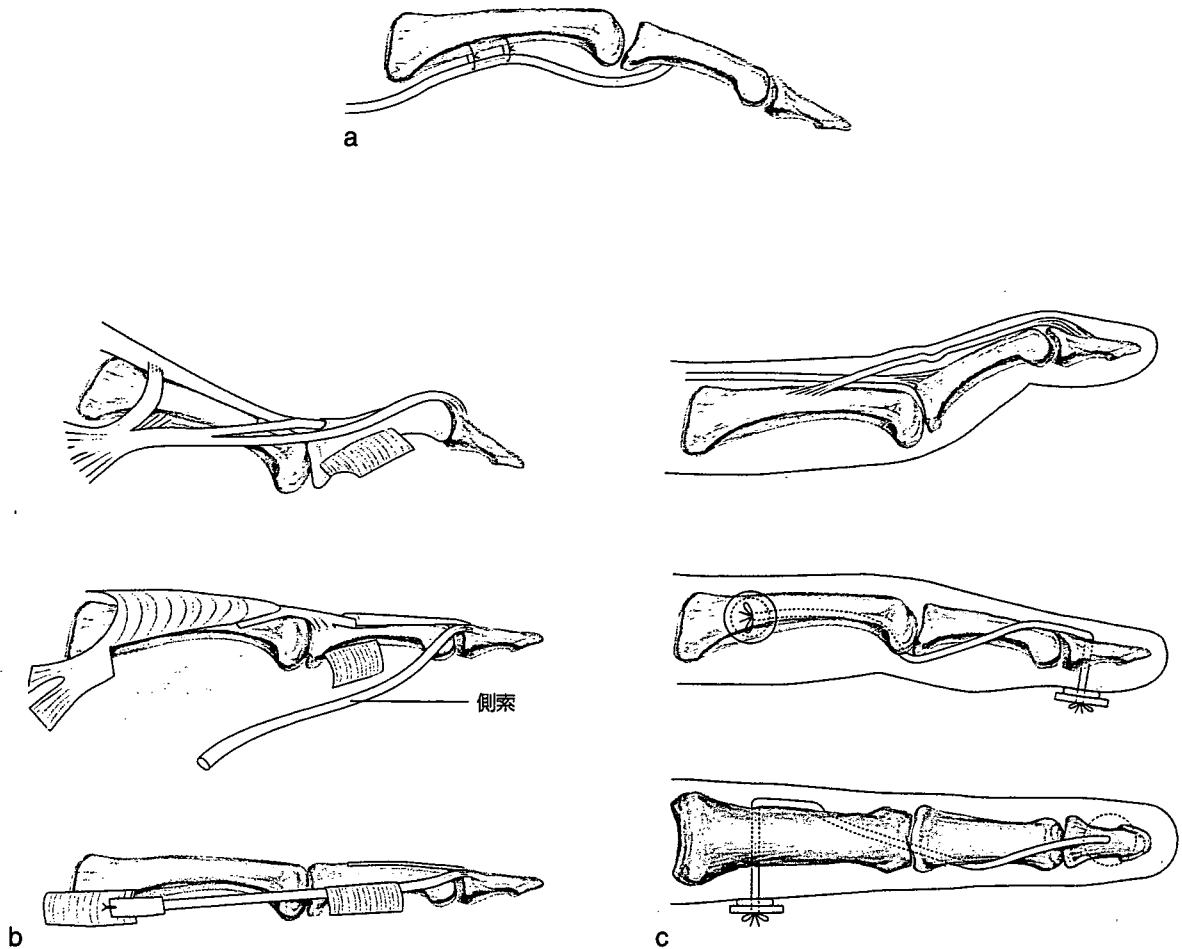


図5 スワンネック変形に対する種々の手術法

a: 浅指屈筋腱固定術, b: Littler 法, c: 遊離腱を用いた斜支靭帯再建.

(水関隆也. MB Orthop 1996; 9 (12): 1-8.²¹⁾

節間関節 (proximal interphalangeal joint: PIP 関節) の伸展拘縮を認める場合は尺側の intrinsic tendon の切離を行う。さらに, MCP 関節の尺屈偏位が著明な例では, 切離した尺側の intrinsic tendon を隣接指の MCP 関節橈側に移行する intrinsic transfer が有用である。

母指で MCP 関節が屈曲, 指節間関節 (interphalangeal joint: IP 関節) が過伸展しているボタンホール変形では弛緩した短母指伸筋 (EPB) 腱の遠位への前進術や長母指伸筋 (EPL) 腱を遠位で切離し, 折り返して MCP 関節の伸展力とする方法 (Nalebuff 法) などがある。関節破壊が著明な例では MCP 関節に Swanson インプラントを挿入後²⁰⁾, 先に述べた伸筋腱の再建を行い, IP 関節は固定術を行う (図 4)。

2. PIP 関節

a. スワンネック変形 (図 5)²¹⁾

PIP 関節の滑膜炎が原因で生じた初期のスワンネック変形に対する軟部再建法としては PIP 掌側の皮膚を縫縮する方法 (dermadesis) や浅指屈筋腱

の腱固定術 (sublimis sling), 尺側の側索 (Littler 法) あるいは遊離腱を用いて斜支靭帯 (oblique retinacular ligament) を再建する方法などがあるが, 適応はかなり限られる。遠位指節間関節 (distal interphalangeal joint: DIP 関節) の過伸展に対しては関節固定術が適応となる。

b. ボタンホール変形 (図 6)²²⁾

ボタンホール変形は, きわめて早期の例では DIP 関節の屈曲を改善する目的で, 中節骨背側での伸筋腱切離 (Fowler 法) が行われる。中等度の変形では中央索の縫縮や遊離腱を用いた再建 (Fowler 法), 側索を用いて中央索を再建する方法 (Littler 法, Matev 法) がある。

B. 関節形成術, 人工関節置換術²²⁻²⁵⁾

関節形成術, 人工関節置換術は, 当然ながら関節破壊が著明な例で適応となる。MCP 関節形成術としては, 基節骨基部, 中手骨頭を切除後, 掌側板の近位付着部を中手骨背側へ移動して掌側脱臼を整復

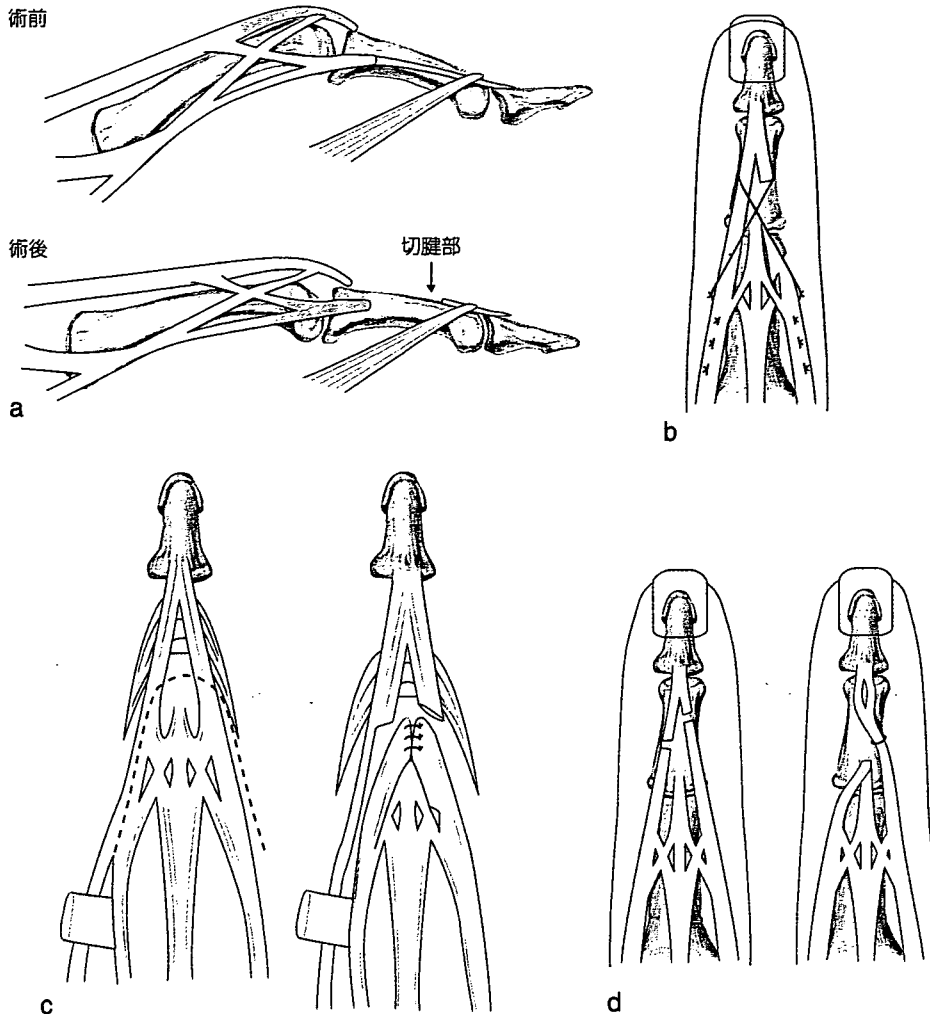


図6 ボタンホール変形に対する種々の手術法

a: Fowlerの切腱術, b: 遊離腱を用いた中央索の再建, c: Littler法, d: Matev法.

(木野義武, MB Orthop 1996; 9 (12): 9-15.²¹⁾)

する Tupper 法や伸筋腱を介在させる Vainio 法などがあるが、まとまった報告はなく、その成績は不明である。母指手根中手関節 (carpometacarpal joint: CM 関節) に対しては、大菱形骨を切除して腱球を移植し、橈側手根屈筋腱を用いて靭帯再建を行う方法 (LRTI, Burton 法) がある。

人工物として最もよく用いられているのはフレキシブルシリコンインプラントである。Swanson のオリジナルデザイン (Wright 社), アバンタ (AVANTA, SBI), ニューフレクス (DePuy) の3種類があり、MCP 関節, PIP 関節ともに使用できる。ステムと髓腔は固定されずピストン運動が許容され、外力に対する負荷が周囲に分散される。インプラントの破損が一つの問題であるが、Swanson MCP 関節インプラントでは骨切除縁でのインプラントの破損を防止する目的でチタン性のグロメットが1990年代から使用されている。

RA に対する人工指関節では、日本で行われているものとして政田による ball and socket タイプや表面置換型と南川による self locking finger joint (MCP, PIP), Linscheid による AVANTA SR (MCP, PIP, 母指 CM 関節) などがある。RA では先に述べた軟部組織や靭帯の再建が重要であり、これらインプラントの成績に影響を与える。

C. 関節固定術

関節固定術は、関節破壊が著明で不安定なムチランス例では、除痛、支持性の獲得のため有用な方法である。連続する2関節の固定術は避けるべきであり、隣接関節の状態をよく検討することが重要である。

(三浪明男, 石川淳一)

文献

1. 末永直樹. 肩関節周辺疾患に対する診療の実際. 手術療法の考え方と進め方. 人工肩関節置換術. リウマチ科 2006; 35: 163-7.
2. Sirveaux F, et al. Grammont inverted total shoulder arthroplasty in the treatment of glenohumeral osteoarthritis with massive rupture of the cuff. Results of a multicenter study of 80 shoulders. J Bone Joint Surg Br 2004; 86: 388-95.
3. Larsen A, et al. Radiographic evaluation of rheumatoid arthritis and related conditions by standard reference films. Acta Radiol Diagn (Stockh) 1977; 18: 481-91.
4. 森 俊仁ほか. RA 肘関節病変の治療. 人工肘関節の特徴とその成績. 工藤 type-5 人工肘関節. 骨・関節・靭帯 2005; 18: 607-14.
5. 石川淳一ほか. RA 上肢の手術 最近の動向. RA 手関節の手術. 整・災外 2004; 47: 733-40.
6. 小川亮恵ほか. RA の手関節, 指関節の滑膜切除術—適応, 手技と長期成績. 関節外科 1993; 12: 25-30.
7. Minami A, et al. Modification of the Sauve-Kapandji procedure with extensor carpi ulnaris tenodesis. J Hand Surg [Am] 2000; 25: 1080-4.
8. 石黒 隆. 手関節部における総指伸筋腱の皮下断裂—減張位超早期運動について. Orthopaedics 1995; 8 (13): 7-15.
9. Minami A, et al. Hemiresection-interposition arthroplasty of the distal radioulnar joint associated with repair of triangular fibrocartilage complex lesions. J Hand Surg [Am] 1991; 16: 1120-5.
10. Minami A, et al. Limited wrist fusions: Comparison of results of 22 and 89 months after surgery. J Hand Surg [Am] 1999; 24: 133-7.
11. 岩崎倫政ほか. 慢性関節リウマチ手関節に対する橈骨月状骨間固定術の術後成績—Darrach 法単独群と比較して. 日手会誌 1999; 16: 183-5.
12. Carroll RE, et al. Arthrodesis of the wrist for rheumatoid arthritis. J Bone Joint Surg Am 1971; 53: 1365-9.
13. 三浪明男. 手関節固定術における術式の工夫—確実な骨癒合を得るために. MB Orthop 2000; 13: 30-5.
14. Minami A, et al. Total wrist arthrodesis using bowed crossed K wires. J Hand Surg [Br] 1999; 24: 410-5.
15. Swanson AB. Flexible implant arthroplasty for arthritic disabilities of the radiocarpal joint. Orthop Clin North Am 1973; 4: 383-94.
16. Meuli HC, Fernandez DL. Uncemented total wrist arthroplasty. J Hand Surg [Am] 1995; 20: 115-22.
17. Volz RG. The development of a total wrist arthroplasty. Clin Orthop Relat Res 1976; 116: 209-14.
18. Cobb TK, Beckenbaugh RD. Biaxial total-wrist arthroplasty. J Hand Surg [Am] 1996; 21: 1011-21.
19. Menon J. Universal total wrist implant: Experience with a carpal component fixed with three screws. J Arthroplasty 1998; 13: 515-23.
20. 石川 肇. RA の人工指関節置換術. Swanson flexible implant. 骨・関節・靭帯 2001; 14: 991-8.
21. 水関隆也. Swan-neck 変形. MB Orthop 1996; 9 (12): 1-8.
22. 木野義武. Buttonhole 変形. MB Orthop 1996; 9 (12): 9-15.
23. 南川義隆. RA の人工指関節置換術. 表面型人工指関節. 骨・関節・靭帯 2001; 14: 1019-29.
24. 政田和洋. RA の人工指関節置換術. MES 型人工指関節. 骨・関節・靭帯 2001; 14: 1031-6.
25. Linscheid RL. Implant arthroplasty of the hand: Retrospective and prospective considerations. J Hand Surg [Am] 2000; 25: 796-816.

羊腱板由来細胞に対する TGF- β 1 投与が各種遺伝子発現に与える影響

琉球大学 整形外科

山口 浩

北海道大学 整形外科

末永 直樹・三浪 明男

Department of Orthopaedic and Trauma Surgery,
Royal North Shore Hospital, The University of Sydney

David H Sonnabend

Gene Expression after Administration of TGF- β 1 on Cells Derived from the Rotator Cuff

by

YAMAGUCHI Hiroshi

Department of Orthopaedic Surgery, The University of Ryukyus School of Medicine

SUENAGA Naoki, MINAMI Akio

Department of Orthopaedic Surgery, Hokkaido University School of Medicine

SONNABEND David H

Department of Orthopaedic and Trauma Surgery, Royal North Shore Hospital, The University of Sydney

Although good mid-term clinical results after a rotator cuff repair have been reported on, it was pointed out that complete tendon reattachment to the humerus is very difficult. The aim of the present study was to investigate the effect of TGF- β 1 on a sheep infraspinatus tendon cell cultured on Polyglactin910. The cells derived from a sheep infraspinatus tendon by an enzyme digestion method were cultured for 10 days.

After the culture, expression of genes were investigated by RT-PCR methods after the extraction of RNA with TRIzol treatment. Evaluated genes were type 1 and 3 collagen, MMP-1 and MMP-13, Aggrecan, Biglycan, Decorin, Fibromodulin, Lumican, Elastin, Osteopontin. Statical comparisons were performed using one-way analysis of variance and Fisher PLSD tests. Differences were considered significant for less than 5%. In results, mRNA expression was significantly increased for type 1 collagen, Aggrecan, Elastin. Especially, type 1 collagen, Elastin were revealed a dose dependent positive effect. mRNA expression was, however, significantly decreased for MMP-1, Lumican.

These results indicated that TGF- β 1 may have a significant effect on rotator cuff healing and stimulus for further studies in this field.

Key words : TGF- β 1, 腱板 (Rotator cuff), 遺伝子 (Gene)

はじめに

近年、腱板断裂に対する腱板縫合術後の再断裂率は、30～90%と報告²⁰¹⁰され、特に大断裂や広範囲断裂においては、その目的を達成することは容易ではない。縫合部の再断裂を防止するために、強固な縫合法の開発²¹や人工材料や自家筋膜移植などを用いたパッチ移植による補強²²などが行われている。しかし、縫合部より近位での再断裂や人工材料への異物反応や再断裂の問題、自家筋膜移植ではサイズが限定される点や体の他の部位への侵襲などの欠点が指摘されてきた。

組織工学的手法を用いて腱板を再生させることはこれらの問題を解決するための一つの手段であり、組織工学的手法を用いて腱板再生を目指す際に、細胞やその足場となる scaffold と共に成長因子は非常に重要であると考えられている。著者らは腱板由来細胞に対する各種成長因子の効果を比較検討し、TGF-β 1がI型コラーゲン生成に有効であることを報告している^{10,23}。しかしながら、腱板はI型コラーゲン以外にも水分、エラスチン、プロテオグリカンなどで構成されているものそれらに対するTGF-β 1の効果についての研究はない。

本研究の目的は、羊腱板より抽出し、3次元培養された細胞に対してTGF-β 1の投与が腱板構成要素の遺伝子発現に与える影響について検討することである。

対象と方法

1) 細胞の抽出および培養方法

材料には屍殺直後の生後18か月齢の羊棘下筋腱を使用した。羊棘下筋腱周囲の脂肪および滑膜などの結合組織を可及的に切除し、1-2mmの大きさに切離後 phosphate-buffered saline(PBS)を加えて1500-2000RPMで10分間の遠沈を2度繰り返した。その後、0.2%トリプシンと0.5% ethylene diamine tetra-acetic acid (EDTA)を加えて37℃、5% CO₂の条件下で1時間インキュベートしたのち細胞を抽出した。

培養液には Dulbeccos modified Eagles medium(DMEM)に10% fetal bovine serum(FBS)、40mg/ml ゲンタマイシン、2mM グルタミン酸および15mM hydroxyethyl piperazinyl ethanesulfonic acid(HEPES)を加えて維持液として使用した。

2) 免疫組織化学染色

抽出した細胞のI型コラーゲン生成能を確かめる目的でガラススライド上に 1.6×10^6 個の細胞を培養し、1週後にI型コラーゲンの羊モノクローナル抗体を用いて免疫染色を行った。

3) TGF-β 1とその投与方法

1×2.5cmのPolyglactin910 mesh(Ethicon, Somerville, NJ, USA)と共に 5×10^6 個の細胞を播種後24時間後にDMEM、0.1% FBS、40mg/ml ゲンタマイシン、2mM グルタミン酸を加えた溶液に10日間三次元培養した。10日間培養後にTGF-β 1(Sigma, St Louis, MO, USA)を0.1ng/ml, 1ng/ml, および10ng/mlの3種類の濃度で投与し、それぞれの濃度でTGF-β 1を投与し、48時間後に評価した。

4) 半定量的RT-PCR (reverse transcriptase-polymerase chain reaction)法によるm-RNAの測定 PBSで3度洗浄の後 TRIzol(Invitrogen, Carlsbad, CA, USA)を1ml加え、クロロホルム

処理後 RNeasy total RNA kit (Qiagen, Chatsworth, CA, USA) を使用しRNAを抽出した。RNA総量はSYBR Green reagent (Cambrex, Rockland, ME, USA) を使用し測定した。測定した遺伝子はI型およびIII型コラーゲン、Matrix metallo protease (MMP)の1型および13型、プロテオグリカンのアグリカン、パイグリカン、デコリン、ファイブプロモジュリン、ルミカン、およびエラスチン、オステオポンチンのプライマーを使用し増幅後、2%アグロースゲルを用いて110Vで電気泳動を行った。エチジウムブロマイド染色後スキャンニングし、GAPDH (glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase, housekeeping gene) との比較を行った。

5) 統計学的評価

Windows XP上にてマイクロソフト社のエクセル統計2002を用い、一元配置分散分布、Fishers PLSD、危険率は5%未満を有意とした。

結 果

1) 免疫組織化学染色

細胞はI型コラーゲンの羊モノクローナル抗体にて強く染色され、I型コラーゲン産生能をもち腱由来の細胞であることが示唆された(図1)。

2) 半定量的RT-PCR法によるm-RNAの測定

遺伝子発現がTGF-β 1を投与により有意に促進された群はI型コラーゲン、アグリカン、エラスチン、であり、特にI型コラーゲン、エラスチン、では濃度依存性の増加を、アグリカンでは10ng/mlの濃度にもみ増加を認めた。また、有意に抑制された群はMMP-1, ルミカンであった。その他のIII型コラーゲン、MMP 13, パイグリカン、デコリン、ファイブプロモジュリン、オステオポンチンは有意差を認めなかった(表1,2)。

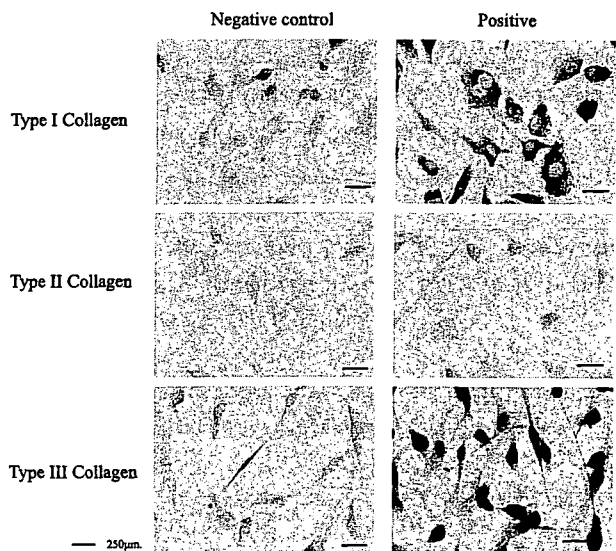


図1 免疫組織化学染色の結果を示す。細胞はI型コラーゲンの羊モノクローナル抗体にて強く染色され、I型コラーゲン産生能を持ち腱由来の細胞であることが示唆された。

表 1-a I 型コラーゲンの結果を示す. 濃度依存性に mRNA の発現増加を認める.

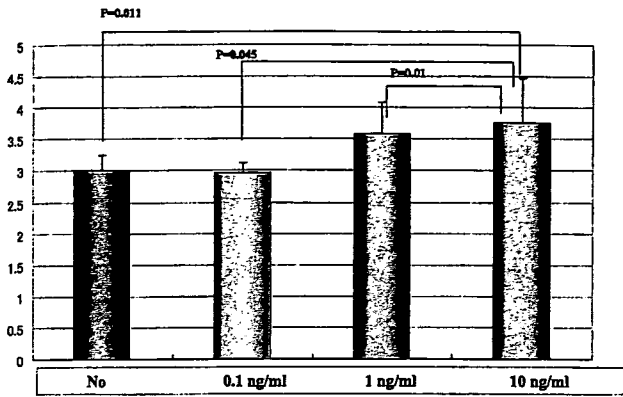


表 2-a MMP-1 の結果を示す. 10ng/ml のみに有意な mRNA の発現減少を認める.

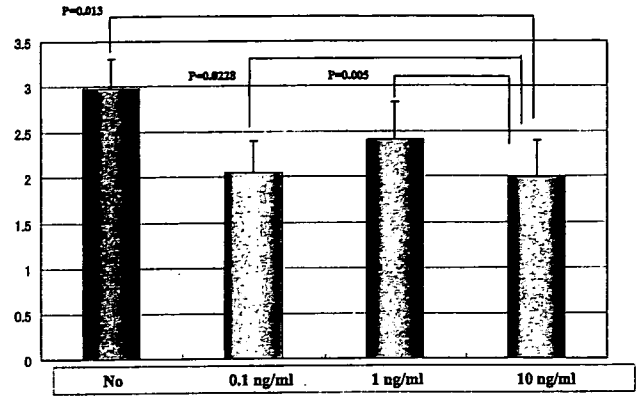


表 1-b アグリカンの結果を示す. 10ng/ml のみに有意な mRNA の発現増加を認める.

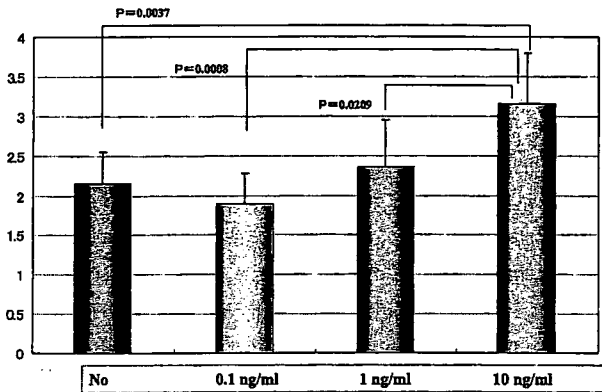


表 2-b ルミカンの結果を示す. 濃度依存性に mRNA の発現減少を認める.

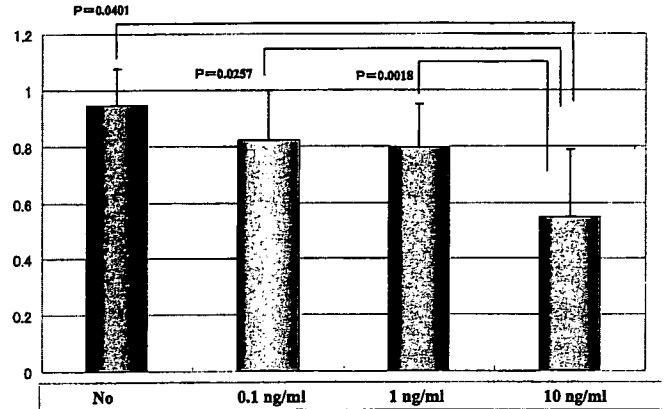
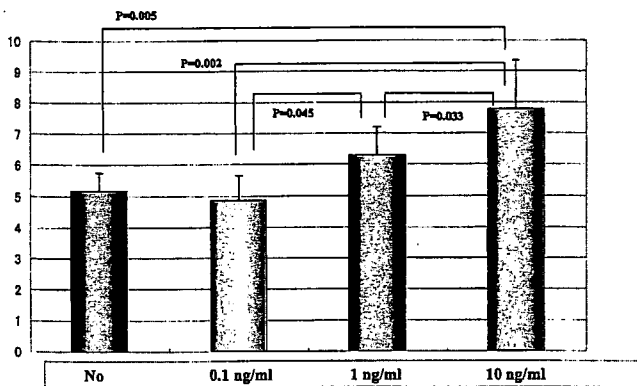


表 1-c エラスチンの結果を示す. 濃度依存性に mRNA の発現増加を認める.



考 察

腱板由来細胞に対する成長因子の効果に関する報告はほとんどなく, 同様に TGF- β 1 に関する報告もない. 腱の治療機転における TGF- β 1 の役割として, Kashiwagi⁹ はラットのアキレス腱縫合モデルにおいてその投与が 1 週においてプロコラーゲンタイプ 1 とタイプ 3 の遺伝子発現を促進し, 2 週および 4 週後に非投与群に比較し有意に生体力学的に強かったことを報告している. また, Klein ら¹⁰ もウサギの屈筋腱由来細胞に 1 ng/ml と 5ng/ml の TGF- β 1,2,3 を投与した後のコラーゲン量を測定し, タイプ 1 と 3 の生成量が増加したことを報告している. 腱板由来細胞を用いて in vitro で行った本研究結果もこれらの実験結果と同様に TGF- β 1 の効果として I 型コラーゲンの生成促進効果を示すものと考えられる.

本研究では半定量的 RT-PCR 法を用いて, 腱の主成分である I および III 型コラーゲン, コラーゲン融解に働く MMP-1 と 13, また 5 種類のプロテオグリカン, 弾性に関与するエラスチン, コラーゲンの成熟に関与するオステオポンチンの mRNA の遺伝子発現を半定量的 RT-PCR 法を用いて調査した. TGF- β 1 投与に

より腱板の細胞外マトリクスの主成分であるI型コラーゲン、エラスチンに濃度依存性の遺伝子発現増加を、さらにコラーゲンの融解に働くMMP-1に遺伝子発現減少を、Radaら⁷⁾がI型コラーゲンのfibrillogenesisを抑制すると報告しているルミカンでは遺伝子発現減少を認めた。一般的に腱は線維性蛋白質であるコラーゲンが32%、弾性を示すエラスチンが2%、コラーゲンやエラスチンの間隙に存在するプロテオグリカンが1%であり、残りは水分から構成されており、構成成分のコラーゲンのうち95%はI型コラーゲンといわれている。本研究の結果は腱由来細胞に対するTGF- β 1の効果として細胞外マトリクスの主成分の生成促進効果があり腱板再生を組織学的手法を用いて行う際には非常に有用と考えられた。

靭帯やその他の腱由来の線維芽細胞に対する成長因子の報告は散見されているにもかかわらず本研究においては腱板由来細胞を使用した。その理由として、Scherpingら⁹⁾も報告しているように膝内側側副靭帯と前十字靭帯由来の線維芽細胞においても成長因子の反応は異なっており、腱板由来細胞に対する成長因子の効果を研究することの意義はあると考えている。

本研究では腱板由来の細胞に対する成長因子の効果を調べているため、腱と腱の修復においての有用性は推測できるものの、実際の手術における腱骨固着部の問題には言及できない。しかしながらRodeoら⁸⁾やMartinekら⁶⁾はBMP2が腱と骨の癒合に有用であると報告しており、BMP2はTGF- β ファミリーであることから今後動物モデルを用いた有効性の研究が必要であるが、TGF- β 1は腱骨付着部の修復にも有用な可能性があると考えている。

実際に臨床応用を考える際、現時点では腱修復部への成長因子の安定投与は確立されていない。しかし、3次元培養したscaffoldとともにTGF- β 1投与により活性化した細胞を腱修復部に補強することにより、細胞を供給する細胞療法の効果が期待され、またTGF- β 1投与により活性化した細胞はさらに現存する細胞のmRNAを刺激することにより遺伝子治療の効果も期待できると考えている。

ま と め

- 1) 羊腱板由来細胞に対するTGF- β 1の投与が各遺伝子発現に与える影響について分子生物学的に調査した。
- 2) TGF- β 1には、I型コラーゲン、アグリカン、エラスチンの遺伝子発現を促進する作用が、MMP1、ルミカン遺伝子発現を抑制する作用が認められた。

文 献

- 1) Demirhan M, et al: Primary fixation strength of rotator cuff repair techniques: a comparative study. *Arthroscopy*, 2003; 19: 572-576.
- 2) Galatz LM, et al: The outcome and repair integrity of completely arthroscopically repaired large and massive rotator cuff tears. *J Bone Joint Surg Am*, 2004; 86-A: 219-224.
- 3) Kashiwagi K, et al: Effects of transforming growth factor or insulin-like growth factor-beta 1 on the early stages of healing of the Achilles tendon in a rat model. *Scand J Plast Reconstr*

- Surg Hand Surg*, 2004; 38: 193-197.
- 4) Klein MB, et al: Flexor tendon healing in vitro: effects of TGF-beta on tendon cell collagen production. *J Hand Surg*, 2002; 27-A: 615-620.
- 5) Klepps S, et al: Prospective evaluation of the effect of rotator cuff integrity on the outcome of open rotator cuff repairs. *Am Sports Med*, 2004; 32: 1716-1722.
- 6) Martinek V, et al: Enhancement of tendon-bone integration of anterior cruciate ligament grafts with bone morphogenetic protein-2 gene transfer: a histological and biomechanical study. *J Bone Joint Surg Am*, 2002; 84-A: 1123-1131.
- 7) Rada JA, et al: Regulation of corneal collagen fibrillogenesis in vitro by corneal proteoglycan (Lumican and Decorin) core proteins. *Exp. Eye Res.*, 1993; 56: 635-648.
- 8) Rodeo SA, et al: Use of recombinant human bone morphogenetic protein-2 to enhance tendon healing in a bone tunnel. *Am J Sports Med*, 1999; 27: 476-488.
- 9) Scherping SC Jr, et al: Effect of growth factors on the proliferation of ligament fibroblasts from skeletally mature rabbits. *Connect Tissue Res*, 1997; 36: 1-8.
- 10) Sclamberg SG, et al: Six-month magnetic resonance imaging follow-up of large and massive rotator cuff repairs reinforced with porcine small intestinal submucosa. *J Shoulder Elbow Surg*, 2004; 13: 538-541.
- 11) 末永直樹ほか: 羊腱板由来細胞に対する各種成長因子の効果。肩関節, 2005; 29: 337-342.
- 12) 末永直樹ほか: 三次元培養棘下筋由来細胞に対する反復する機械的ストレスが各種遺伝子発現に与える影響。肩関節, 2006; 30: 363-367.

腱板断裂術後 MRI における修復腱の経時的変化

北海道大学 整形外科

大泉 尚美・末 永直樹
久田 幸由・三 浪明男

斗南病院スポーツ医療センター 整形外科

福田 公孝

Postoperative Changes of MRI Findings over Time after Rotator Cuff Repair

by

OIZUMI Naomi, SUENAGA Naoki, HISADA Yukiyoishi, MINAMI Akio
Department of Orthopaedic Surgery, Hokkaido University School of Medicine

FUKUDA Kimitaka
Department of Orthopaedic Surgery, Tonan Hospital Sports Center

Although MRI has been proved effective in diagnosing a re-rupture of repaired rotator cuff tendon, there are only a few studies about the signal changes of the repaired tendon over time. The objective of this study was to follow the changes of the MRI findings of the repaired cuff tendon over 1 year. Twenty-two shoulders, which received open tendon-to-bone repair by a pull-out method and acromioplasty, were evaluated with MRI postoperatively at least twice within 1 year and over 1 year. There were 10 males and 12 females; their age at the operation was 50-80 years old (average: 63.8). There were 6 incomplete, 3 small, 6 medium, 3 large, and 4 massive tears. MRI was performed on an 0.5-T system and T2-weighted images were obtained. Intensity of the tendon or the bone-tendon interface was defined as 'high' when it was as high as joint fluid, as 'low' when it was the same as the normal tendon, and as 'medium' when it was between 'high' and 'low'. The follow-up period was 12-106 months (average: 21.8). The re-rupture rate was 18% in the whole and 27% in the large and massive tears. In 6 shoulders which showed 'low' within 1 year, 5 remained 'low' and 1 changed to 'high' at the final follow-up. In 10 shoulders which showed 'medium' first, 2 remained 'medium', 7 changed to 'low', and 1 changed to 'high' finally. In 6 shoulders which showed 'high' first, 3 remained 'high', 1 changed to 'low', and 2 changed to 'medium' finally. The JOA scores significantly improved from 43.5-88 points (average: 63.1) preoperatively to 75-100 points (average: 93.1) postoperatively. There was no correlation between the size of the tear and the intensity. In 50% of the cases, high intensity changed to low over 1 year. Therefore, it is suggested that high intensity of the tendon within 1 year after repair does not necessarily mean a re-rupture.

Key words : 腱板断裂 (rotator cuff tear), MRI, 腱板修復 (cuff repair)

はじめに

腱板修復術後再断裂の診断におけるMRIの有用性は多数報告^{13,14,15,16,17,18,19}されているが、MRI所見の経時的变化についての報告^{20,21,22}は少ない。著者ら²³は、1997年に腱板不全断裂の術後MRI所見を調査し、腱内の高信号が術後1年以降に低信号化する症例があることを報告した。本研究の目的は、完全断裂も含めた腱板断裂術後の修復腱のMRI所見を1年以上複数回調査し、臨床成績、断裂形態との関連を検討することである。

対象と方法

腱板断裂に対して直視下腱板修復術を施行し、術後1年未満と1年以上の2回以上MRIを撮影した22例22肩を対象とした。男性10例、女性12例、手術時年齢は50～80歳(平均63.8歳)で、断裂形態は不全断裂6肩、小断裂3肩、中断裂6肩、大断裂3肩、広範囲断裂4肩であった。手術は全て同一術者(共著者K.F.)が行なった。直視下に肩峰形成術を行い、腱板修復はスーチャーアンカーは使用せずMcLaughlin法に準じて骨溝に腱断端を引き込みpull-out縫合した。不全断裂は断裂部を切除して完全断裂として修復した。MRIはGE社製0.5T装置を用い、fast spin echo法(TE 84.0 ms, TR 3000 ms, スライス厚 4 mm)にてT2強調像の斜位冠状面、水平面、矢状面を撮像した。修復腱の輝度は、正常腱と同程度を「低輝度」、関節液と同程度を「高輝度」、その間を「中輝度」と定義し(図1)、骨溝が見えるスライス全てで腱と骨との接合部および腱内部を評価した。腱板の輪郭が消失して関節液と同程度の輝度に置き換わっているものも「高輝度」と判断した。最終MRI撮影時期は術後12～106ヵ月(平均21.8ヵ月)であった。臨床成績は、術前と最終MRI撮影時に日整会肩関節疾患治療成績判定基準(以下、JOAスコア)を用いて評価し、90点以上をexcellent、80～89点をgood、70～79点をfair、69点以下をpoorとした。最終MRI所見と断裂形態および最終JOAスコアとの関連についても検討した。



低輝度 中輝度 高輝度

図1 輝度分類

結果

術後1年未満のMRIでは低輝度6肩、中輝度10肩、高輝度6肩であり、最終観察時は低輝度13肩、中輝度4肩、高輝度5肩であった。術後の輝度変化を見ると、術後1年未満に低輝度であった6肩のうち5肩は最終観察時にも低輝度であったが、1肩は高輝度に変化していた。術後1年以内に中輝度であった10肩のうち7肩は低輝度に変化しており、2肩は中輝度のまま、1肩は高輝度となっていた。術後1年以内に高輝度であった6肩のうち1肩は低輝度、2肩は中輝度に変化していたが、3肩は高輝度のままであった。JOAスコアは術前43.5～88.0点(平均63.1点)

が最終観察時75～98点(平均93.1点)に有意に改善し(p<0.05)。最終評価はexcellent 18肩、good 2肩、fair 2肩であった。最終MRI所見と最終JOAスコアの関係を見ると、低輝度群の平均JOAスコアが94.6点(78～97点)、中輝度群が97.0点(全例97点)、高輝度群が87.6点(75～95点)と、高輝度群でスコアがやや低かった。また、最終MRI所見と術中腱板断裂形態との関係を見ると、高輝度を示していたのは不全断裂1肩、小断裂2肩、大断裂2肩で、高輝度と術中の断裂の大きさとの関連は見られなかった(図2)。

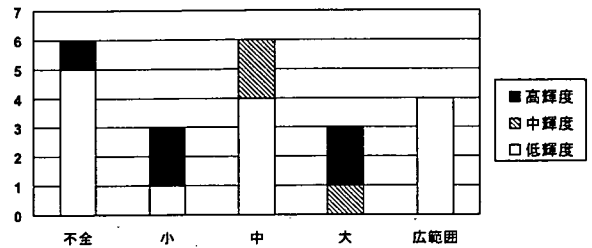


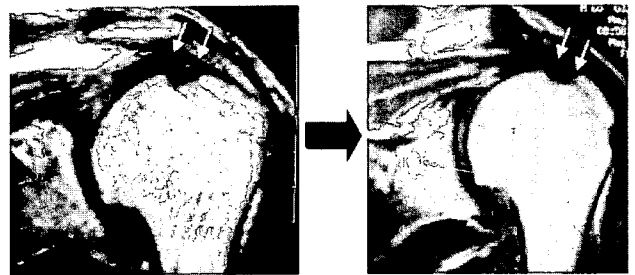
図2 断裂形態と最終MRI所見

不全断裂1肩、小断裂2肩、大断裂2肩が高輝度を示した。

症例供覧

症例1(図3):56歳男性、中断裂、最終JOAスコア96点。術後9ヵ月および4年2ヵ月ともに修復腱は低輝度では正常の厚みを保っている。

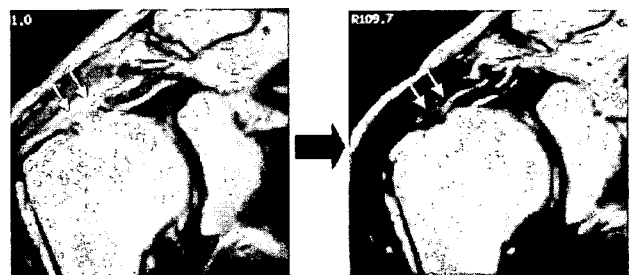
症例2(図4):53歳男性、広範囲断裂、最終JOAスコア97点。術後5ヵ月のMRIでは腱は薄く、滑液包内水腫を認め、腱縫合部は中輝度を示す。術後1年では腱は低輝度に変化し水腫も軽減しているが、腱の非薄化は残存している。



術後9ヵ月 低輝度

術後4年2ヵ月 低輝度

図3 症例1 低輝度→低輝度



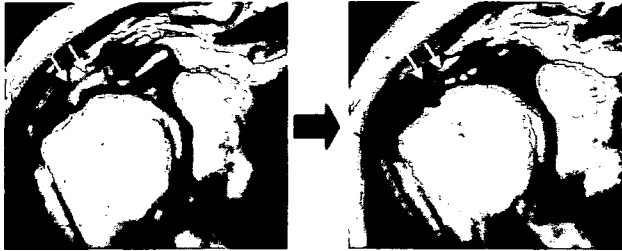
術後5ヵ月 中輝度

術後1年 低輝度

図4 例2 中輝度→低輝度

症例 3 (図 5): 59 歳女性, 不全断裂, 最終 JOA スコア 97 点. 術後 6 ヶ月の MRI では全層にわたって中輝度であるが, 術後 1 年では低輝度に変化している.

症例 4 (図 6): 71 歳男性, 小断裂, 最終 JOA スコアは 75 点で疼痛, 筋力低下が残存している. 術後 6 ヶ月の MRI では腱内の一部中輝度を認めるも腱は厚く連続性があるが, 術後 1 年では腱のはほぼ全層にわたって高輝度を認め, 術後 1 年 5 ヶ月では腱の連続性ははっきりせず再断裂が疑われる.



術後 6 ヶ月 中輝度 術後 1 年 低輝度
図 5 症例 3 中輝度→低輝度



術後 6 ヶ月 中輝度 術後 1 年 高輝度 術後 1 年 5 ヶ月 高輝度
図 6 症例 4 中輝度→高輝度

考 察

MRI を用いて評価された術後の腱板再断裂率は, 小断裂から広範囲断裂全てを含めた報告で 12~31%^{13)6)・10)・14)15)}, 広範囲断裂で 17~68%³⁾⁶⁾⁹⁾¹⁵⁾ と報告されている. 本研究の再断裂率は全体で 18%, 大断裂以上で 29% (広範囲断裂は 0%) であり, 他の報告と遜色のない結果であった. 術後 MRI による再断裂の診断には, 「T2 強調あるいは脂肪抑制画像において, 少なくとも 1 スライスで関節液と同程度の高輝度あるいは腱板輪郭の消失」を診断基準とする報告が多い⁷⁾¹¹⁾¹⁵⁾. 本研究で示したいわゆる「中輝度」については不全断裂や腱の変性を示すなどとする報告があるが⁶⁾¹¹⁾¹²⁾, その意義についていまだはっきりとした見解は得られていない. また, 術後 MRI における中輝度に着目した報告はほとんどない⁹⁾. 本研究では低輝度と中輝度では臨床成績に差がなく, 中輝度の 70% が 1 年以降に低輝度に変化していたことから, 高輝度のみを臨床的に意義のある再断裂と判断するのが妥当であると考えられた. 修復腱の術後 MRI における輝度の経時的変化について, 村上ら¹⁰⁾ は, 術後 6 ヶ月以内での腱内高信号のうち 43% が 1 年以降で低信号化していたと報告している. 本研究でも, 術後 1 年未満の高輝度の 50% が 1 年以降に低輝度化しており, 術後 1 年未満の高輝度は必ずしも再断裂を示すものではないと考えられた.

MRI 所見と臨床成績の相関の有無については議論の分かれるところである⁹⁾¹⁰⁾¹³⁾¹⁵⁾. 本研究では症例数が少ないため統計学的検討は行っていないが, 高輝度を示す症例でスコアが低い傾向にあった. 再断裂の診断は, あくまでも MRI 所見だけではなく臨床症状を参考にして判断するべきであるが, 術後 1 年以降に高輝度を示す症例では再断裂の可能性を念頭に置き, 慎重に経過観察すべきと考えられた.

今回の研究で高輝度を示す症例の中にも, 腱内部が高輝度を示すものと, 腱周囲の水腫による高輝度を示すものが混在していた. また, 腱自体は低輝度であっても菲薄化している症例もあり, 今後は臨床所見との関連も含めて, より詳細な検討, 分類をしていく必要があると考えている.

ま と め

腱板修復術後 22 例の MRI 所見を経時的に調査した. 術後 1 年未満の中輝度の 70% は 1 年以降に低輝度に変化していた. 術後 1 年未満の高輝度は 50% が 1 年以降に低輝度となり, 必ずしも再断裂を示すものではないと考えられた. 術後 1 年以降に高輝度を呈する場合は再断裂が疑われ, 臨床成績が劣る例も認められた.

文 献

- 1) Bishop J, et al: Cuff integrity after arthroscopic versus open rotator cuff repair: prospective study. J Shoulder Elbow Surg, 2006; 15: 290-299.
- 2) 花田尚美ほか: 肩腱板部分断裂の診断と治療 MRI 所見を中心として. 肩関節, 1997; 21: 267-271.
- 3) 橋口宏ほか: McLaughlin 法を行なった肩腱板広範囲断裂における術後 MRI の検討. 東日本震災会誌, 2003; 15: 242-244.
- 4) 橋本卓ほか: 腱板不全断裂における MRI と組織像の比較検討. 肩関節, 2006; 30: 273-276.
- 5) 本莊憲昭ほか: 骨溝形状が腱板修復に及ぼす影響—MRI 輝度変化による検討. 肩関節, 2001; 25: 395-400.
- 6) 堀田智伸ほか: 腱板一次修復後の再断裂とその原因に関する因子. 肩関節, 2004; 28: 563-567.
- 7) Jost B, et al: Clinical outcome after structural failure of rotator cuff repairs. J Bone Joint Surg Am, 2000; 82: 304-314.
- 8) Mellado JM, et al: Surgically repaired massive rotator cuff tears: MRI of tendon integrity, muscle fatty degeneration, and muscle atrophy correlated with intraoperative and clinical findings. AJR, 2005; 184: 1456-1463.
- 9) 三笠貴彦ほか: 腱板断裂術後の MRI 評価. 肩関節, 2006; 30: 473-476.
- 10) 村上成道ほか: MRI, 超音波検査による術後腱板の経時的評価. 肩関節, 2003; 27: 237-240.
- 11) Owen RS, et al: Shoulder after surgery: MR imaging with surgical validation. Radiology, 1993; 186: 443-447.
- 12) 柴田陽三ほか: 肩腱板断裂修復術後の MR 画像について. 肩関節, 1994; 18: 250-254.
- 13) 菅谷啓之ほか: 単層固定法における鏡視下腱板修復術の成績—術後 1 年の MRI 所見と手術成績—. 肩関節, 2003; 27: 233-236.
- 14) 高岸憲二ほか: 腱板断裂術後の MRI. 肩関節, 1994; 18: 261-

264.

- 15) Thomazeau H, et al: Prediction of rotator cuff repair results by magnetic resonance imaging. Clin Orthop, 1997; 344: 275-283.

肩関節モビライザーと挙上位自動運動を用いた 腱板断裂術後早期後療法の有効性

北海道大学整形外科

大 泉 尚 美・末 永 直 樹

久 田 幸 由・三 浪 明 男

Early Rehabilitation Program after Rotator Cuff Repair with a Shoulder Mobilizer and an Active Exercise in a Flexed Position

by

OIZUMI Naomi, SUENAGA Naoki, HISADA Yukiyo, MINAMI Akio

Department of Orthopaedic Surgery, Hokkaido University School of Medicine

Early passive exercises after an operation for a rotator cuff tear often creates difficulty due to pain and increased muscle tonus. We developed a new rehabilitation protocol using an original shoulder mobilizer and an active exercise in the supine flexed position. The objective of this study was to compare the ROM and pain of the shoulder between the former and new protocol. Fifty-two shoulders were classified as group I (G I); no tendon-to-bone repair, or group II (G II); with a tendon-to-bone repair. In the former protocol, passive exercises started the next day after the surgery (G I) or in 1 week (G II). In our new protocol, the active exercises and the mobilizer started the next day; no passive exercises were applied. There were 10 former-G I, 9 new-G I, former-G II, and 14 new-G II. The postoperative passive flexion (Flex), the external-rotation (ER), and the internal-rotation (IR), and the amount of pain relief suppository used postoperatively were evaluated. The ROM (deg) was Flex (1w/2w/4w); 109/139/133, ER; 34/53/44, IR 44/53/54 in the former-G I, Flex; 130/144/154, ER 51/71/70, IR; 49/59/54 in the new-G I, Flex; 117/134/145, ER 43/60/65, IR; 36/35/46 in the former-G II, Flex; 117/139/153, ER 37/53/63, IR; 44/52/53 in the new-G II. All motions but the ER in G II improved in the new protocol. The amount of suppositories used in day 1 and 2 significantly increased in the new-G II than the former-G II; it is probably because the exercises started earlier in the new protocol than the former protocol. Favorable ROM was obtained in most motions without any passive exercises by using the mobilizer and the active exercise. It is considered that the active exercises assisted in getting better concentric motion of the humeral head and the mobilizer provided muscle relaxation. To improve ER in G II, additional exercises should be considered.

Key words: 腱板断裂 (rotator cuff tear), 後療法 (rehabilitation), 自動運動 (active exercise)

はじめに

これまで当科では、肩腱板断裂の術後療法は術後早期は他動運動を中心に行ってきた。しかし、疼痛のため筋のリラクゼーションが得られず保護的収縮が繰り返り、そのために上腕骨頭の求心位が保てず烏口肩峰アーチ下への骨頭の取り込みが不良となり、さらに疼痛が増強するという悪循環によりリハビリテーションが滞る症例をしばしば経験してきた。また、他動運動中心のリハビリテーションでは患者の取り組みが受動的になりがちであった。著者らは、術後早期、特に2週までに肩関節の良好な可動域と肩甲上腕関節の求心性運動を獲得することが非常に重要と考え、その間は他動運動を行わず、独自に開発した肩関節モビライザーと仰臥位での挙上位自動運動を取り入れた新しい後療法プログラム(新プログラム)を作成し、2005年12月より実施してきた。本研究の目的は、新プログラムを用いた場合の術後早期の可動域と疼痛を従来のプログラムと比較し、新プログラムの有用性を評価することである。

対象と方法

腱板断裂に対して直視下手術を施行した52例52肩を対象とした。手術は、全例に烏口肩峰アーチの除圧を行い、腱板修復を行う際には完全下垂位にて縫合部に緊張がかからない位置に骨溝を作成し、スーチャーアンカーを用い、腱断端のfoot printを広く形成する目的でスーチャーアンカーよりの糸を腱にかけたのちpull-out縫合するanchor pull-out法にて腱断端を修復した(図1)。腱板修復を行わなかった例をGroup I(以下G I)、骨への修復を緊張なく行えた例をGroup II(以下G II)と分類し、腱が脆弱であったり、縫合部に緊張があった例は本研究から除外した。術後の外固定は、G IIでは旧プログラムの症例でエアプレーン装具(外転90°、内・外旋0°)あるいは外転枕(外転30°、内旋30°)、新プログラムの症例で外転枕、G Iでは三角巾を用いた。旧プログラムではG I:術翌日、G II:術後1~2週より滑車運

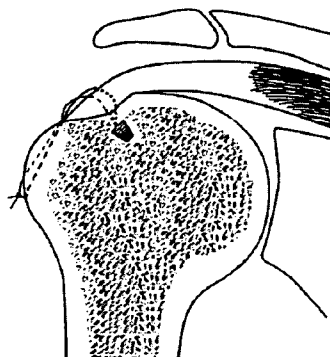


図1 腱板縫合法: anchor pull-out 法

表1 後療法プログラム

	G I		G II	
	旧プログラム	新プログラム	旧プログラム	新プログラム
手指・肘の屈伸運動, 肩甲骨運動	術翌日	術翌日	術翌日	術翌日
仰臥位自動運動	-	術翌日	-	術翌日
肩関節モビライザー(1日2時間)	-	術翌日	-	術翌日
滑車運動	術翌日	-	1週	-
他動運動	術翌日	-	2週	-
抗重力での自動運動	2週	2週	8週	8週

動・他動運動を行ってきたが、新プログラムではG I, G IIとも術翌日より肩関節モビライザーと仰臥位での挙上位自動運動を開始し、他動運動は一切行わないこととした。抗重力での自動運動開始は旧プログラムと同様にG I:2週, G II:8週とした(表1)。我々が開発した肩関節モビライザー(MB-2000; MES社製, 東京)(図2)は、肩甲上腕関節に上腕骨長軸方向に間欠的に69Nの力で牽引をかけながら内・外旋運動を行うことができるようになっており、回旋角度を自由に設定することができる。全く疼痛が生じない範囲に角度を設定し、1日2時間を2回にわけて施行した。仰臥位での挙上位自動運動は、①重力を利用した最大挙上運動、②最大挙上・外旋位からの水平外転運動、③挙上90°付近での屈伸・水平内外転腕振り運動の3種類(図3)を行った。いずれの運動も挙上90°までは対側の手で患側上肢を保持し、運動中も挙上角度が90°以下としないよう注意し、必要に応じて介助を加えた。

対象の内訳は旧プログラムを用いたG I群(旧G I群)が10例10肩、新プログラムを用いたG I群(新G I群)が8例9肩、旧プログラムを用いたG II群(旧G II群)が20例22肩、新プログラムを用いたG II群(新G II群)が14例14肩であった。症例の詳細は表2に示すとおりである。

調査項目は、術後1,2,4週での他動屈曲、外転位外旋・内旋可動域と、疼痛の指標として術後1~7日目の鎮痛坐薬の使用回数とした。統計学的検討にはMann-Whitney U検定を用い、p < 0.05を有意とした。

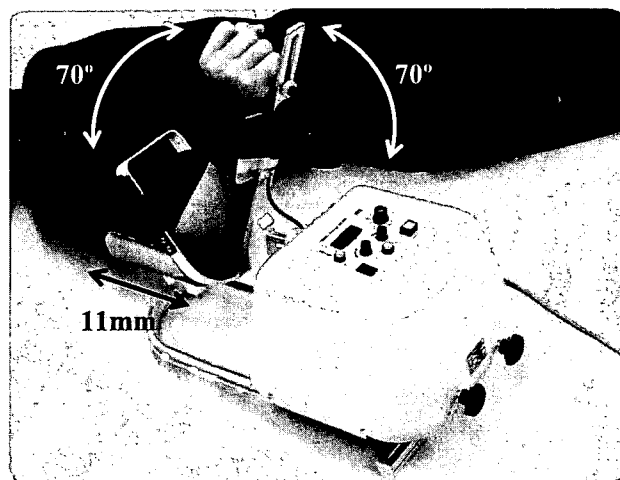
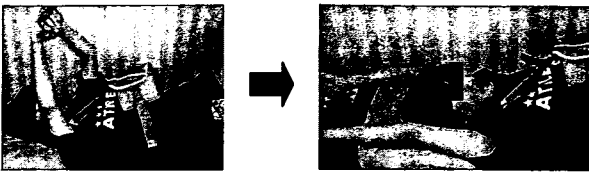


図2 肩関節モビライザー (MB-2000; MES社製)

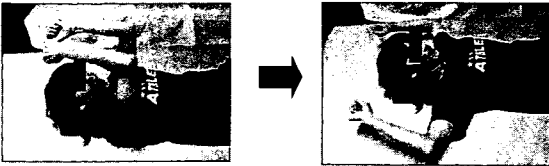
表2 症例の内訳

旧 G I 群	新 G I 群	旧 G II 群	新 G II 群
10例 10肩	8例 9肩	20例 22肩	14例 14肩
男性 8例 女性 2例 31~76歳 (平均 55.7歳)	男性 5例 女性 3例 43~68歳 (平均 52.5歳)	男性 14例 女性 6例 48~80歳 (平均 65.3歳)	男性 9例 女性 5例 52~79歳 (平均 69.0歳)
不全断裂 7肩 小断裂 1肩 中断裂 2肩	不全断裂 7肩 小断裂 2肩	不全断裂 4肩 小断裂 1肩 中断裂 10肩 大断裂 4肩 広範囲断裂 3肩	不全断裂 1肩 中断裂 11肩 広範囲断裂 2肩

①重力を利用した最大挙上運動



②最大挙上・外旋位からの水平外転運動



③挙上90° 付近での屈伸・水平内外転腕振り運動

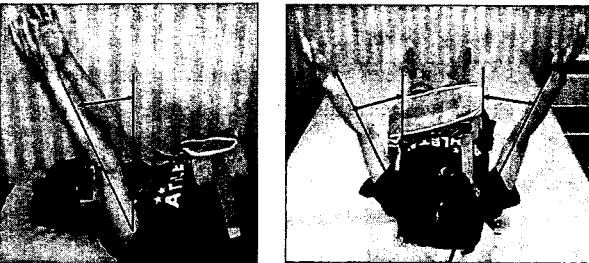


図3 仰臥位での挙上位自動運動

結 果

1. 可動域

G I 群 (図4): 平均屈曲角度 (旧プログラム / 新プログラム) は 1 週: 108.9° / 130.0°, 2 週: 139.3° / 143.8°, 4 週: 133.0° / 153.8° と新プログラムの方が良好であり, 4 週では有意

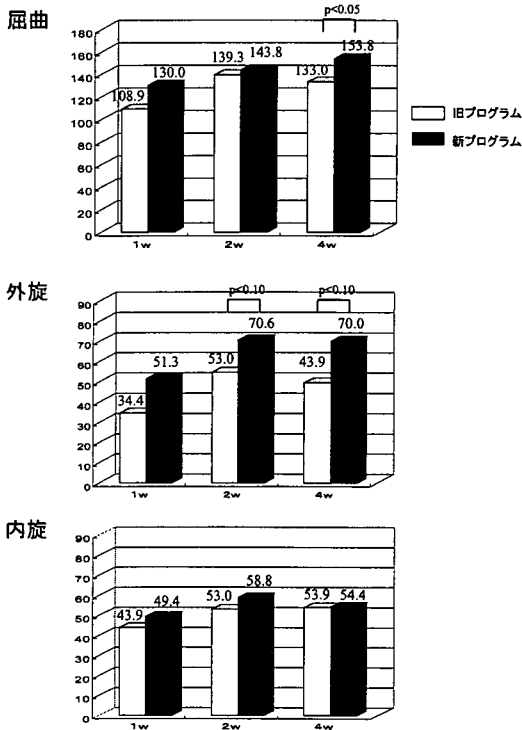


図4 G I 群の他動可動域

差を認めた ($p < 0.05$). 平均外旋角度は 1 週: 34.4° / 51.3°, 2 週: 53.0° / 70.6°, 4 週: 43.9° / 70.0° と有意差はないが新プログラムの方が良好であった. 平均内旋角度は 1 週: 43.9° / 49.4°, 2 週: 53.0° / 58.8°, 4 週: 53.9° / 54.4° と有意差はないが, 1, 2 週では新プログラムの方が良好であった.

G II 群 (図5): 平均屈曲角度は 1 週: 116.9° / 117.1°, 2 週: 134.0° / 139.3°, 4 週: 145.3° / 152.5° と有意差はないが, 2, 4 週では新プログラムの方が良好であった. 平均外旋角度は 1 週: 43.4° / 36.8°, 2 週: 59.7° / 52.9°, 4 週: 65.3° / 62.9° と有意差はないが, 1, 2 週では旧プログラムの方が良好であった. 平均内旋角度は 1 週: 35.6° / 43.5°, 2 週: 35.0° / 51.8°, 4 週: 46.3° / 53.2° と新プログラムの方が良好であり, 2 週では有意差を認めた ($p < 0.05$).

2. 疼痛 (坐薬使用回数) (図6)

G I 群: 新旧プログラム間では有意差はなかった. G II 群: 術後 2 日目までは有意に新プログラムの方が使用回数が多く ($p < 0.05$), 3 日目以降は差がなかった.

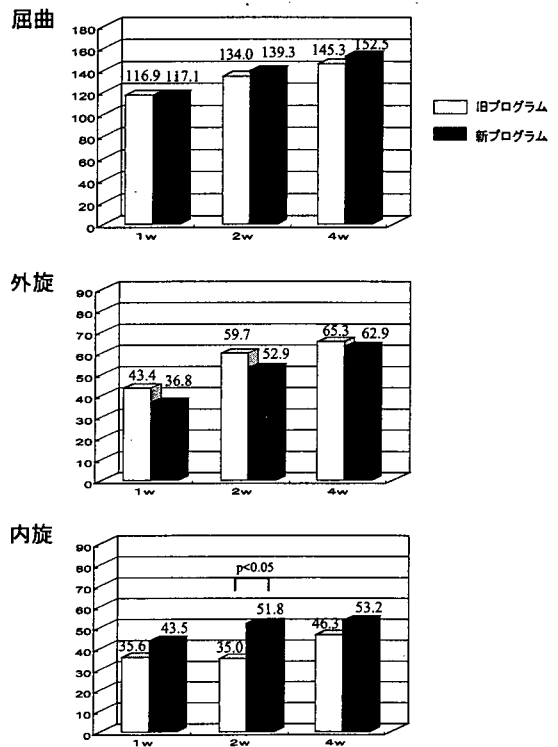


図5 G II 群の他動可動域

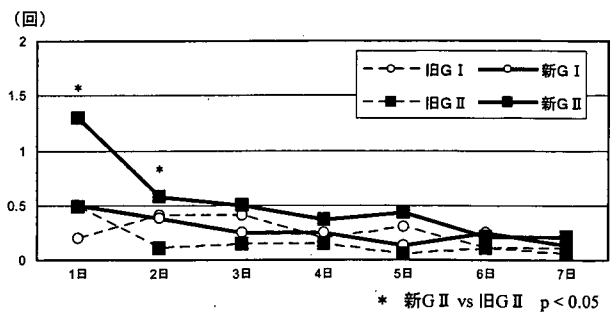


図6 鎮痛坐薬使用回数

考 察

これまで腱板断裂の術後早期の後療法においては他動運動が中心であった。しかし、正常肩においても自動運動に比較して他動運動では肩甲上腕関節の求心性が低下することが報告されている³⁾。術後の疼痛や不安感がある患者では、他動運動時の筋緊張のために上腕骨頭が上方化することによりさらに骨頭の烏口肩峰アーチ下への取り込みが不良となると考えられる。著者らは、術後拘縮が生じる前の早期に疼痛を増強させることなく良好な可動域と骨頭の取り込みを獲得することがスムーズに後療法を進める上で非常に重要であると考え、他動運動を一切行わず、腱板縫合部に負荷のかからない仰臥位挙上位での自動運動を中心とした新しい後療法プログラムを考案し実践してきた。挙上位自動運動は、Sohier⁹⁾が提唱する挙上80°から120°のrotational glide範囲内での運動を基本としている。Rotational glide内では骨頭の肩峰下への良好な取り込みが得られ、腱板縫合部にも緊張がかかりにくいと考えられる。挙上位自動運動を早期より行う利点としては、骨頭の求心性と良好な取り込みが得られること、肩関節周囲筋の協調運動を行うことにより修復腱板筋以外の筋力低下を防止できることが考えられる。さらに、患者が自分で上肢をコントロールすることにより能動的取り組みや安心感が得られることも利点の一つである。一方で、運動方法を誤ると再断裂などの恐れもあるため、適切な指導、観察の下に行い、十分な理解を得られた上でのみ行うことが重要である。

腱板断裂術後におけるCPMの有用性については、挙上CPMでは議論の分かれるところであるが^{12,10)}、末永ら⁹⁾は、外転位内・外旋CPMでは腱板断裂術後2ヵ月時においてCPM使用群では非使用群より良好な可動域が得られたと報告している。本研究で用いた肩関節モビライザーは外転位内・外旋運動に牽引運動を加えており、肩関節周囲筋のリラクゼーション、癒着・拘縮の防止、創傷治癒の促進、疼痛の軽減、軽い負荷による組織の伸張性獲得などの効果が期待される。吉岡ら⁷⁾は、本肩関節モビライザーを拘縮肩に使用し、使用中の不安感や疼痛はなく、施行後は可動域、疼痛ともに改善を認めたと報告している。また、運動前の筋のリラクゼーションや長時間をかけた可動域獲得のためにモビライザーを使用することにより、限られた理学療法士の手によるリハビリテーションの時間を有効に使うことができるといふ利点もあると考えている。

本研究の結果、G I群の屈曲・外旋・内旋およびG II群の屈曲・内旋では旧プログラムに比べて良好あるいは同等の可動域が得られていたが、G II群の外旋では新プログラムの方がやや劣っていた。今回は他動運動を一切行わないプログラムを施行してきたが、G II群の外旋可動域改善のためには、今後外旋を拡大する自動運動の追加や、一部他動運動を取り入れることなどを検討する必要があると考えている。疼痛は、G IIで術後1～2日のみ新プログラムの方が強くなっていたが、これは旧プログラムでは他動運動を術後1週から開始していたのが、新プログラムでは翌日より運動を開始するようになったためと推測され、運動開始を2～3日遅らせることで対処できると考えられる。以上の結果より、現在の後療法プログラムに若干の改良を加えることにより、疼痛を増加させることなく良好な可動域が早期に得られる可能

性があることが示唆された。今後は、抗重力での自動運動開始後も含めてより長期的可動域を調査していくことと、腱板の修復状態を評価していくことが必要と考えている。

ま と め

腱板断裂術後早期に他動運動を行わず、肩関節モビライザーと挙上位自動運動を取り入れた新しい後療法プログラムを実施し、早期の可動域と疼痛を旧プログラムと比較した。新プログラムでは旧プログラムに比較して良好あるいはほぼ同等の可動域が得られたが、外旋可動域の拡大にはさらなる検討が必要と考えられた。

文 献

- 1) 青木光広ほか：肩関節腱板疾患手術症例に対するCPMの応用。東日本臨整会誌, 1989; 1: 505-509.
- 2) Craig EV: Continuous passive motion in the rehabilitation of the surgically reconstructed shoulder, a preliminary report. Orthop Trans, 1986; 10: 219.
- 3) Graichen H, et al.: Glenohumeral translation during active and passive elevation of the shoulder - a 3D open-MRI study. J Biomech, 2000; 33: 609-613.
- 4) Lastayo PC, et al.: Continuous passive motion after repair of the rotator cuff. A prospective outcome study. J Bone Joint Surg Am, 1998; 80: 1002-1011.
- 5) Sohler R: Kinesiotherapy of the Shoulder, John Wright & Sons, Bristol, 1967.
- 6) 末永直樹ほか：腱板断裂修復術後のリハビリテーションにおける肩関節90°外転位での内外旋CPMマシンの有用性。別冊整形外科。肩関節, 1999; 36: 213-216.
- 7) 吉岡千佳ほか：拘縮肩に対するShoulder mobilizerの有用性。肩関節, 2004; 28: 381-384.

新しい肩甲上神経ブロックの開発 —屍体肩を用いた検討—

北海道大学整形外科

松本 大・末永 直樹
大泉 尚美・久田 幸由
三浪 明男

New Suprascapular Nerve Block Procedure —A Cadaver Study—

by

MATSUMOTO Dai, SUENAGA Naoki, OIZUMI Naomi
HISADA Yukiyooshi, MINAMI Akio

The Department of Orthopaedic Surgery, Hokkaido University School of Medicine

Suprascapular nerve block is 1 of the methods to relieve shoulder pain, however, it is not completely effective. The objectives of this study were to develop a new block procedure. 8 cadaver shoulders were dissected and we investigated the anatomical lesion of sensory branches of suprascapular nerve. 3 needles were inserted with the 3 methods as follows; 1) method reported by Moore, 2) method reported by Wassef and 3) our original method. The distance from the needle tip to the sensory branch was measured. 8 patients who had severe postoperative pain after a rotator cuff repair operation received a suprascapular nerve block by our original method. Their visual analog scale(VAS) and face scale were recorded before receiving a block to 24-hour after the block.

All cadaver shoulders had 2 or 3 sensory branches after just passing the scapular notch. The average distance from the needle tip to the sensory branch was 16.1mm in Moore's method, 9.1mm in Wassef's methods and 4.6mm in our original method, respectively.

Before receiving a nerve block, their average VAS was 5.4 ± 2.7 . After the block, the VAS had improved from 5.4 to 1.2 and 4-h was 0.8 ± 0.8 . We expect our original suprascapular nerve block will be 1 of the postoperative managements for pain relief after rotator cuff surgery.

Key words: 肩甲上神経 (Suprascapular Nerve), 神経ブロック (Nerve block), 知覚枝 (Sensory branch)

はじめに

腱板断裂手術後の疼痛はしばしば強く、対策として様々な方法が報告されている。しかし、欧米においては麻薬性鎮痛剤による対策が主流であるが、国内における現在のNSAIDを中心とした内服加療では効果不十分である。術野への局所麻酔薬散布や、斜角筋間ブロックも用いられているが、効果時間が短いことや、合併症の問題が報告²されている。一方、合併症の少ない肩甲上神経ブロックは凍結肩や腫瘍、肩の慢性疼痛に対し使用されており、腱板断裂手術後の疼痛対策として有用な可能性がある。しかし、従来の肩甲上神経ブロックの方法では電気的刺激装置を用いても疼痛除去の効果が不十分であり、腱板断裂術後患者へ施行した報告はない。

本研究の目的は、屍体において肩甲上神経知覚枝の詳細な走行を確認し、新しいブロック方法の開発を行い種々のブロック刺入法との有用性を比較、さらに新しいブロック方法の術後患者への効果について検討することである。

対象と方法

まず学生用屍体8肩に対し、腱板断裂手術時主な操作が行われる棘上筋腱および肩峰および烏口突起に分布する肩甲上神経知覚枝の詳細な解剖を行い、その知覚枝の分岐部位、走行を調査した。さらに3種類のブロック法を知覚枝の詳細な走行を知らされていない整形外科研修医が屍体肩に対し皮膚の表面から行った後、再度解剖を行い、3つのブロック法にて刺入した針先端から知覚枝までの最短距離を計測した。3種類のブロック法とは① Mooreの報告した方法³⁾：肩甲棘に線を引き、その肩峰と肩甲棘内側縁の midpoint に脊椎に平行の線を引く。その交点で得られる外上方角の2等分線を引き、交点より2.5cmの位置にて皮膚に垂直に刺入し、骨に当たるまで針を進める方法、② Wassefにより報告された方法⁷⁾：後頸三角の僧帽筋と鎖骨の成す角より、皮膚に垂直に刺入する方法、③ 筆者らの方法 (Suprascapular Nerve block 法：以下 SN 法)：肩甲棘内側縁と肩峰前角に線を引き、その midpoint より烏口突起先端へ針を向けて、皮膚に対し約60°の角度にて刺入し、針が骨に当たるまで進める方法 (図1) である。さらに腱板断裂術後患者の疼痛対策として SN 法が有用か検討するため、直視下腱板縫合術を試行後、術後疼痛が強く注射を希望した患者8名 (男5女3, 年齢57.2±10.8歳) に対し、術後0~3

日 (平均1.4日) の手術側の肩に SN 法にて肩甲上神経ブロックを施行したのち、施行前から試行後24時間までの疼痛を Visual Analog Scale (以下 VAS) と Face scale を用いて評価した。薬液に1%キシロカインと0.75%アナペインを1:1にて混合し、最低10ml使用した。尚、術後鎮痛薬の使用は特に制限していなかった。

統計学的検討は一元配置分散分析および Fisher の LSD test を用いて行い、危険率5%未満を有意とした。

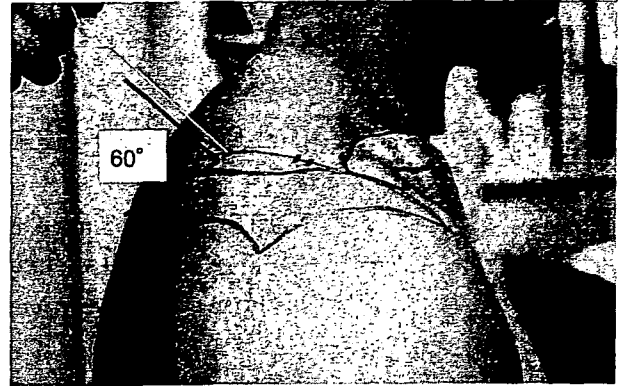


図1-B：刺入角度は体表より60°の角度

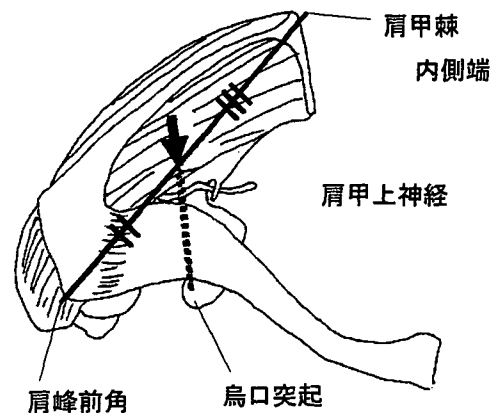


図1-C：A・Bの方法にて刺入を行うと、烏口突起基部を走行する肩甲上神経知覚枝の基部に刺入が可能となる。

結果

解剖学的検討では全ての肩甲上神経は肩甲切痕と上肩峰横靭帯の間を通った直後に知覚枝が分岐していた。その後知覚枝は烏口突起基部から棘上筋前縁を穿通し、肩関節包へ向かい2~3本に分岐していた (図2)。また3種類の方法にて針を刺入後、解剖した屍体における針から知覚枝までの距離は、それぞれ Moore 法で16.1±8.8mm, Wassef 法で9.1±4.1mm, SN 法で4.6±1.8mmであった (図3)。SN 法は Moore 法, Wassef 法と比較し、針先端と知覚枝の距離が有意に短い方法であった。またこの解剖において、Wassef 法は全て針先が肺尖部または腕神経叢に向かっていた。

臨床例での検討ではブロック前の VAS scale が平均5.4±2.7であったのに対し、ブロック直後で2.8±1.6, 1時間後で1.2±0.6, 4時間後で0.8±0.8と著明な疼痛抑制効果を示した (図4)。SN 法

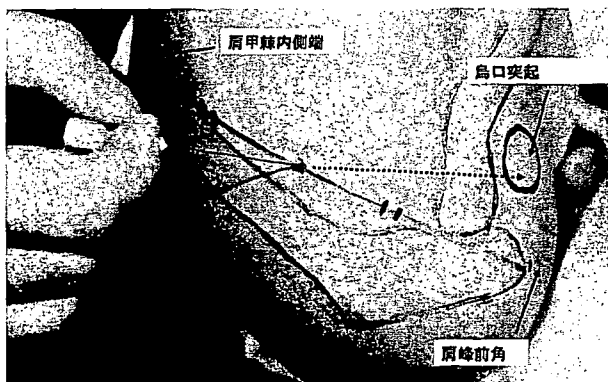


図1-A：肩甲棘内側縁と肩峰前角の midpoint より、烏口突起に向かって刺入