

図1 軟骨組織中の N-結合型糖鎖解析方法

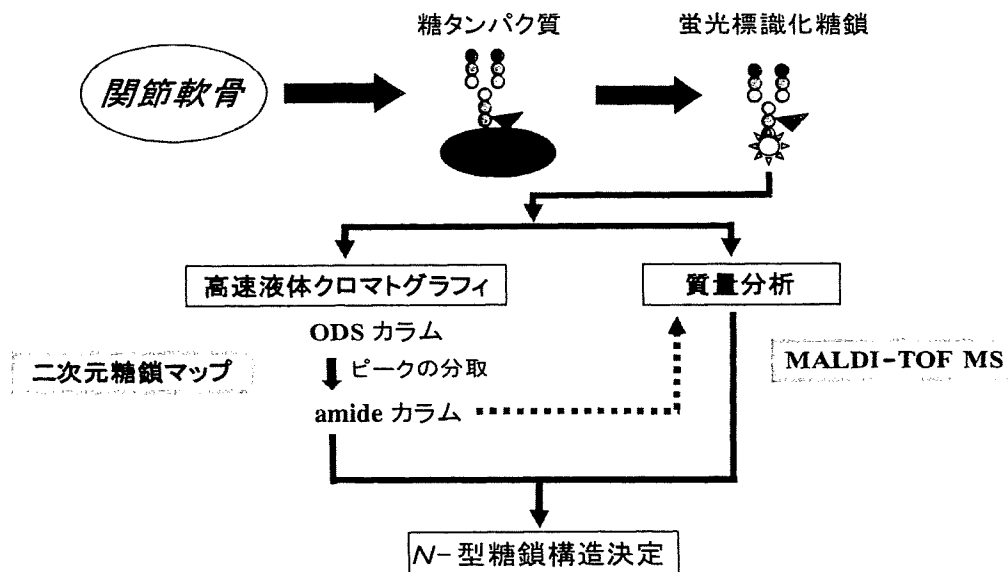
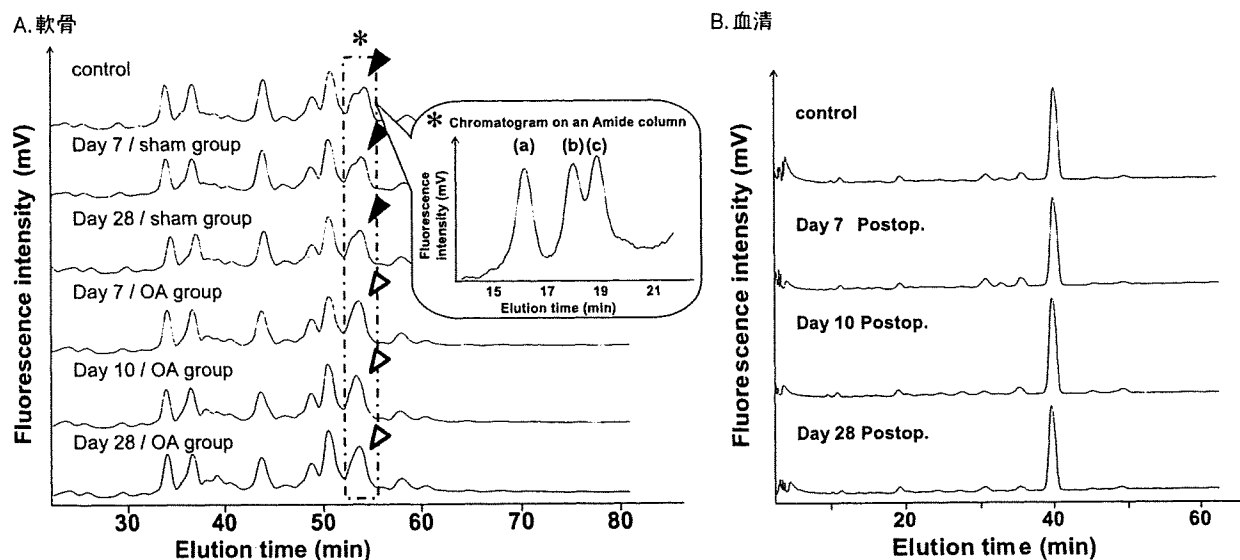


図2 軟骨および血清中の糖鎖構造解析結果 (文献8より)



A. 術後7日目より OA グループにおいて軟骨中の N-結合型糖鎖構造の変化を示すピークパターンの変化を認める。
 B. 血清中の N-結合型糖鎖構造には変化を認めない。

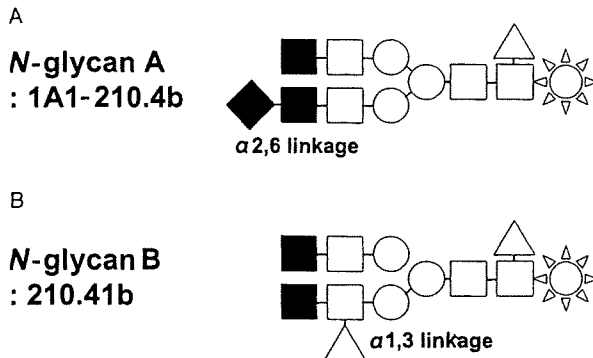
Reprinted from Osteoarthritis and Cartilage, Vol.16, Matsubashi T, Iwasaki N, et al, Alteration of N-glycans related to articular cartilage deterioration after anterior cruciate ligament transection in rabbits, 772-778, Copyright (2008), with permission from Elsevier.

つの複合型 N-結合型糖鎖が同定された。1つは IA1-210.4b (図3 A) であり、これは OA 軟骨中で発現が増加していた。一方、210.41b (図3 B) は OA 組織中では発現が減少していた。なお、血清中の N-結合型糖鎖は正常と OA 軟骨間に有意な変化は認めなかった (図2 B)。

3. 軟骨組織中の N-結合型糖鎖の機能

上述したように軟骨組織の OA 変化の極めて早期より N-結合型糖鎖に変化が生じていることが明らかとなった。一般に OA の発症初期には、その発症誘因となる何らかの刺激に軟骨細胞が反応し、アポトーシスや ECM 分解酵素の分泌が生じるとされている。これらが引き金となり、ECM の分解が促進され、軟骨組織の変性が生じていくとされる^{9)~11)}。したがって、今

図③ 軟骨中で変化していた複合型 N-結合型糖鎖 (文献 8 より)



A. OA 軟骨中で発現が増加していた 1A1-210.4b
B. OA 組織中では発現が減少していた 210.41b

Reprinted from Osteoarthritis and Cartilage, Vol.16, Matsuhashi T, Iwasaki N, et al, Alteration of N-glycans related to articular cartilage deterioration after anterior cruciate ligament transection in rabbits, 772-778, Copyright (2008), with permission from Elsevier.

回同定した N-結合型糖鎖は、OA 変化を生じさせる軟骨細胞の機能調節に関与していると推測される。現在、レクチン染色による N-結合型糖鎖の局在、軟骨細胞中の関連する糖鎖関連酵素遺伝子のノックダウンにより同定した糖鎖の機能解析を進めている。

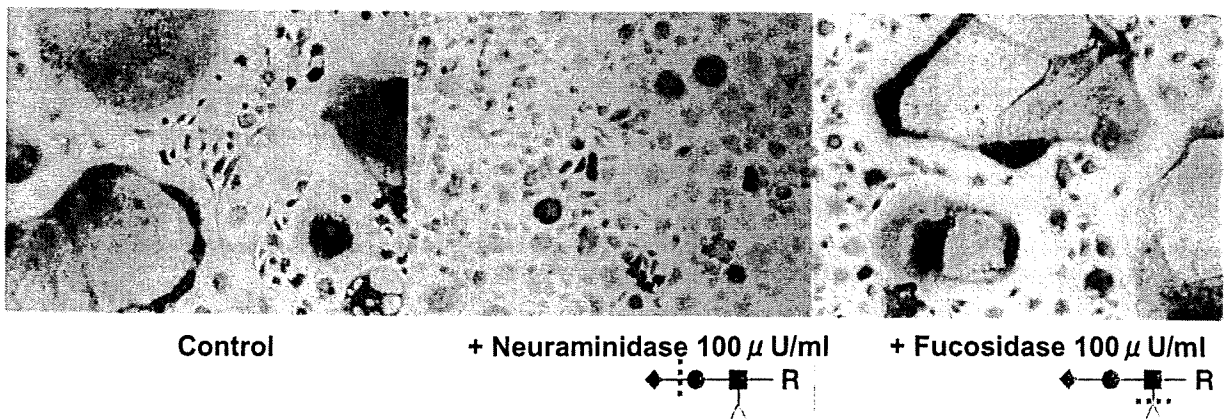
II. 糖鎖による運動器組織細胞の機能制御

われわれはウサギ軟骨 OA (変性) モデルを用いて、軟骨中の糖鎖が発症の極めて早期より変化し、軟骨細胞のアポトーシスや ECM 分解酵素の分泌を促進して

いる可能性を示した。誌面の都合上、詳細は記載しないが、マウス軟骨変性モデルを用いて、軟骨変性に伴い軟骨細胞のある種の糖鎖関連酵素遺伝子の発現が変化し、それに関連する N-結合型糖鎖にも変化が生じたことを明らかにした。さらに、われわれは同じ運動器組織細胞である破骨細胞に対するシアリル糖鎖の機能解析も行ってきた¹²⁾。

シアリ酸は糖鎖先端に存在するアミノ糖の一種であり、様々な細胞表面に糖タンパクや糖脂質の一部として存在する。シアリ酸はその構造的多様性や結合様式によって細胞間認識や細胞接着などに関与すると考えられており、ウイルスと細胞の融合や受精、赤血球の貪食などにおいても重要な役割を果たすことが報告されている。われわれは、このシアリ酸を含むシアリル糖鎖が骨の新陳代謝に関与する破骨細胞にも豊富に発現しており、その分化制御機構に関わる可能性があることを明らかにしてきた。血球系幹細胞を起源とするマクロファージ系細胞である破骨前駆細胞には、ガラクトースと $\alpha(2,3)$ 結合または $\alpha(2,6)$ 結合するシアリ酸がともに発現しており、これらは RANKL 刺激後に発現が増加し、細胞膜へ集積する傾向がみられた。さらに、分化の最終段階である細胞融合した多核成熟破骨細胞では、 $\alpha(2,6)$ 結合シアリ酸の発現が減少することがわかった。この細胞表面に発現するシアリ酸を外因性シアリダーゼで除去すると破骨前駆細胞は TRAP 陽性単核細胞までは分化したが、多核巨細胞を形成できないことがわかった (図④)。また、シアリ酸転移酵素の 1 つである β galactoside $\alpha(2,6)$ sialyltransferase-I

図④ 骨髄マクロファージから M-CSF と RANKL を用いた破骨細胞分化系における細胞表面糖鎖除去による影響 (文献 12 より)



コントロールやフコシダーゼ (フコース切断酵素) で処理した細胞では、酒石酸抵抗性酸ホスファターゼ陽性の多核巨細胞 (成熟破骨細胞) が形成されているが、ノイラミニダーゼ (シアリ酸切断酵素) で処理した細胞は、多核巨細胞の形成が阻害されている。(× 200 倍)

Reprinted from Bone, Vol.41, Takahata M, Iwasaki N, et al, Sialylation of cell surface glycoconjugates is essential for osteoclastogenesis, 77-86, Copyright (2007), with permission from Elsevier.

(ST6Gal-I) 遺伝子の発現をノックダウンした細胞でも同様に多核破骨細胞の形成が阻害されたことから、シアル糖鎖が破骨細胞の分化、特に細胞融合過程において重要な役割を果たしている可能性が示唆された。

このように、糖鎖は生体内において軟骨や骨などの運動器組織細胞の機能制御を担っている可能性があり、運動器疾患の発症にも大いに関与していることが予想される。

◇ おわりに

今後は、軟骨細胞レベルでの N- 結合型糖鎖解析およびその機能の解明を進め、最終的には糖鎖関連酵素

遺伝子の組織特異的遺伝子破壊動物を作製し、生体内での軟骨組織に対する糖鎖機能の解明を行っていく予定である。糖鎖生物学的アプローチを用いた OA の病因解明に関する研究は、これまでほとんど行われていない。OA 研究に糖鎖生物学を融合させることにより、今まで明らかにされなかった新たな知見が得られ、予防法や治療法の開発につながっていくと考えられる。さらに、糖鎖を基盤材料に導入することにより、軟骨細胞の接着性や増殖性の制御が可能な機能性 scaffold マテリアルが開発され、軟骨再生医療への応用も可能になると考える。

■ 参考文献

- 1) Wang X, Inoue S, et al : Proc Natl Acad Sci USA 102, 15791-15796, 2005.
- 2) Yamashita K, Ideo H, et al : J Biol Chem 268, 5783-5789, 1993.
- 3) 木幡 陽 : 糖と脂質の生物学 (シリーズ・バイオサイエンスの新世紀第 4 巻), 1-7, 共立出版, 2001.
- 4) Hase S, Ikenaka T, et al : Biochem Biophys Res Commun 85, 257-263, 1978.
- 5) Nakagawa H, Kawamura Y, et al : Anal Biochem 226, 130-138, 1995.
- 6) Tomiya N, Awaya J, et al : Anal Biochem 171, 73-90, 1988.
- 7) Kuroguchi M, Nishimura S-I : Anal Chem 76, 6097-6101, 2004.
- 8) Matsubashi T, Iwasaki N, et al : Osteoarthritis Cartilage 16, 772-778, 2008.
- 9) Bluteau G, Conrozier T, et al : Biochim Biophys Acta 1526, 147-158, 2001.
- 10) Goldring MB : Arthritis Rheum 43, 1916-1926, 2000.
- 11) Malfait AM, Liu RQ, et al : J Biol Chem 277, 22201-22208, 2002.
- 12) Takahata M, Iwasaki N, et al : Bone 41, 77-86, 2007.

岩崎倫政

1998年 北海道大学大学院医学研究科外科系専攻博士課程修了
 2000年 同運動器再建医学分野助手
 2005年 北海道大学医学部附属病院整形外科講師

特集

上肢の人工関節—臨床成績と問題点—

Ⅱ. 手指関節

新たな人工手関節

—開発状況と問題点—

New design of total wrist prosthesis

石川淳一 岩崎倫政 三浪明男

J. Ishikawa : ていね整形外科・リハビリクリニック

N. Iwasaki, A. Minami : 北海道大学大学院医学研究科整形外科

Key words

- 人工手関節(artificial total wrist)
- 新たなデザイン(new design)
- 投げ矢運動(dart throw motion)

はじめに

1967年にSwansonが関節リウマチ(RA)の手関節に対してシリコン人工手関節を応用したが、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¹⁾。1970年代後半より欧米で全人工手関節としてさまざまな機種が開発、使用されている。しかし、1~2年の短期成績は良好であるものの、長期にわたり良好な成績が得られるものはいまだ存在しないのが現状である。わが国では現在までのところ臨床で使用可能な人工手関節は存在せず、RA手関節に対しては部分あるいは全手関節固定術が選択されてきた²⁾。除痛は得られるものの固定術による可動域消失はADLに多大な障害をもたらすことが欠点である。

著者らは長期使用に耐えうる新たな人工手関節の開発に取り組んでおり、本稿では、これまでの開発経緯と現在までの進行状況について概説する。

これまでの人工手関節の問題点

文献検討

欧米にて報告されている種々の人工手関節の成績のうち、4年以上の経過観察を行っているものを文献的に検討した。対象とした機種は、

- ①Meuli(Zimmer, Switzerland)³⁾
- ②Volz(Howmedica, USA)⁴⁾
- ③Trispherical(USA)⁵⁾
- ④Biaxial(Depuy, USA)⁶⁾
- ⑤Menon(KMI, CA)⁷⁾
- ⑥RWS(Howmedica, USA)⁸⁾
- ⑦Guepar(France)⁹⁾

の7機種である。関節面の形状をもとに3群に分類できた。

Meuli prosthesisはball and socketの関節面を有し、回旋を含めあらゆる方向への運動が可能である。

Volz, Trispherical, RWSは半拘束型であり、屈曲、伸展運動が主であるが、ある程度の橈尺屈運動も可能である。

Biaxial, Guepar, Menonは楕円型(ellipsoidal)の関節面をもつ非拘束型である。

各機種のfailure rateは、

Meuli : 10例/38例(26%)

Volz : 11/61(18%)

Trispherical : 8/87(9%)

Biaxial : 11/57(19%)

Menon : 3/37(8%)

RWS : 1/27(4%)

Guepar : 11/72(15%)

であった。

原因としては、手根骨側の弛みが29例(53%)と圧倒的に多かった。コンポーネントの弛みは手根骨側で高率に発生しており、橈骨側ではきわめて少なかった。

手根骨側の弛みは、

Meuli : 8/38(21%)

Volz : 15/61(25%)

Trispherical : 5/87(6%)

Biaxial : 8/57(14%)

Menon : 0/37(0%)

RWS : 11/27(41%)

Guepar : 2/72(3%)

で認められ、semi-constrained type, ball and socketで高頻度であった。軟部組織のimbalanceによって掌尺屈変形をきたした頻度は6.8%であった。さらに掌側への脱臼は4%に認めた。

いずれの機種においても長期でのfailure rateは高く、最も大きな問題は手根骨側のコンポーネントの弛みと、周囲軟部組織の拘縮および手関節伸筋腱の作用低下による掌尺屈変形、および掌側脱臼であると考えられた。

これまでの人工手関節の解決すべき問題点をまとめると、

- ①インプラント設置後のアライメント
- ②コンポーネントの固定

③軟部組織のバランス

の3つがあげられる。正常手関節の回転軸は橈骨長軸の尺側および掌側を通ることから、上記人工手関節では橈骨側のインプラントに尺側および掌側のoff-setを設けており、回転中心が正常手関節に近くなるようデザインされている。にもかかわらず手根骨側での弛みや破損が高頻度である原因として、人工関節によってもたらされる手関節運動が非生理的であり、手根骨インプラントと骨の間に異常なストレスが働くことが大きな原因と考えられる。

■運動解析

著者らは新鮮屍体の正常手関節の運動解析を行い、矢状面での伸展、屈曲より投げ矢面(dart throw plane)での伸展、屈曲運動がより生理的であり、手関節周囲軟部組織に加わる負荷が少ないことを報告した¹⁰⁾。人工手関節面のデザインとして、このdart throw planeでの運動を可能とするデザインは、以上の問題点を解決する可能性がある。

さらに軟部組織のバランスの問題として、とくにRA手関節では掌側関節包の拘縮や手関節伸筋腱の脆弱を伴っている。最も重要な手関節伸筋腱は橈背側に位置しており、dart throw planeでの伸展は手関節伸筋腱のレバーアームの観点からもきわめて有効な運動であり、掌尺屈変形の防止につながるのではないかと考えられる。

新たな人工手関節モデル

著者らは、正常手関節三次元CT像より新たな人工手関節モデルを作製した(図1)。新しい人工手関節のコンセプトは生体関節面形状に近づけ、さらに骨切除量を少なく、また脱臼を防止しつつ投げ矢運動(dart throw motion)を再現する表面置換半拘束型である。摺動面はdart throw planeでの掌背屈運動をもたらすため、橈骨ステム軸に対して10°の回旋を設けた。コンポーネントは橈骨・手根骨ステム・骨頭の3

partsよりなり、手根骨側は第3中手骨基部まで届くステムをもつ。また、高頻度に発生する手根骨側の弛みに対応するため両側の第2と第4中手骨へスクリュー固定を行うことが可能である。

手関節は橈骨手根関節、手根中央関節で2関節運動を行うため、摺動面形状は橈骨手根関節をシミュレーションした2つの半楕円形を組み合わせたものと、手根中央関節をシミュレーションした卵円形のものを考案した(図1)。Moritomoら¹¹⁾は、*in vivo*での運動解析より手根中手関節の運動軸はdart throw motionに一致し、その運動面形状は卵円形であるとしている。卵円形は月状骨側(尺側)の曲率を舟状骨側(橈側)より小さくすることで掌背屈運動に伴い生理的な回旋

(回内・外)運動が生じることを期待した。さらに卵円形摺動面として橈尺屈にあそびを有する(橈屈5°、尺屈25°)もの(橈尺屈半拘束型)と橈尺屈を完全に拘束したもの(橈尺屈完全拘束型)の2つを作製した。

■ X線解析

実際のモデルを解剖用屍体4手関節に挿入し、最大手関節掌背屈位にてX線撮影を行った(図2)。置換前の平均可動域は背屈：40°、掌屈：57°に対して、置換後の平均獲得可動域は背屈47°、掌屈：42°であった。手根骨の高さを示すcarpal height ratioは置換前が0.501に対して、置換後は0.500であり、正常な手根骨高が維持されており、設計上の掌背屈可動域(背屈50°、掌

図1 新しい人工手関節モデル

橈骨ステム、手根骨ステム、骨頭の3 partsよりなる。写真はmidcarpal jointをシミュレーションした卵円形の摺動面デザイン。

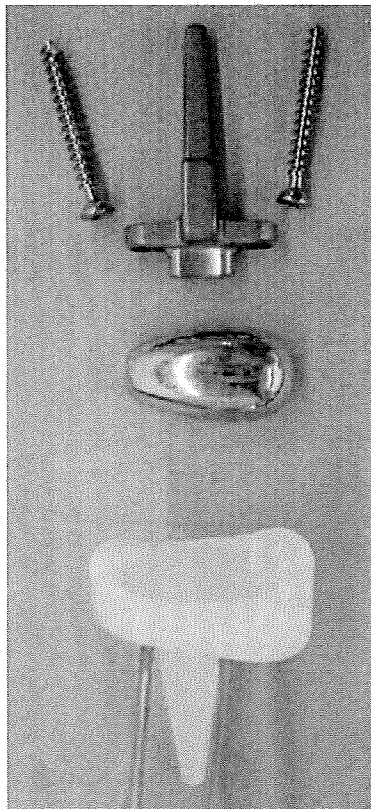
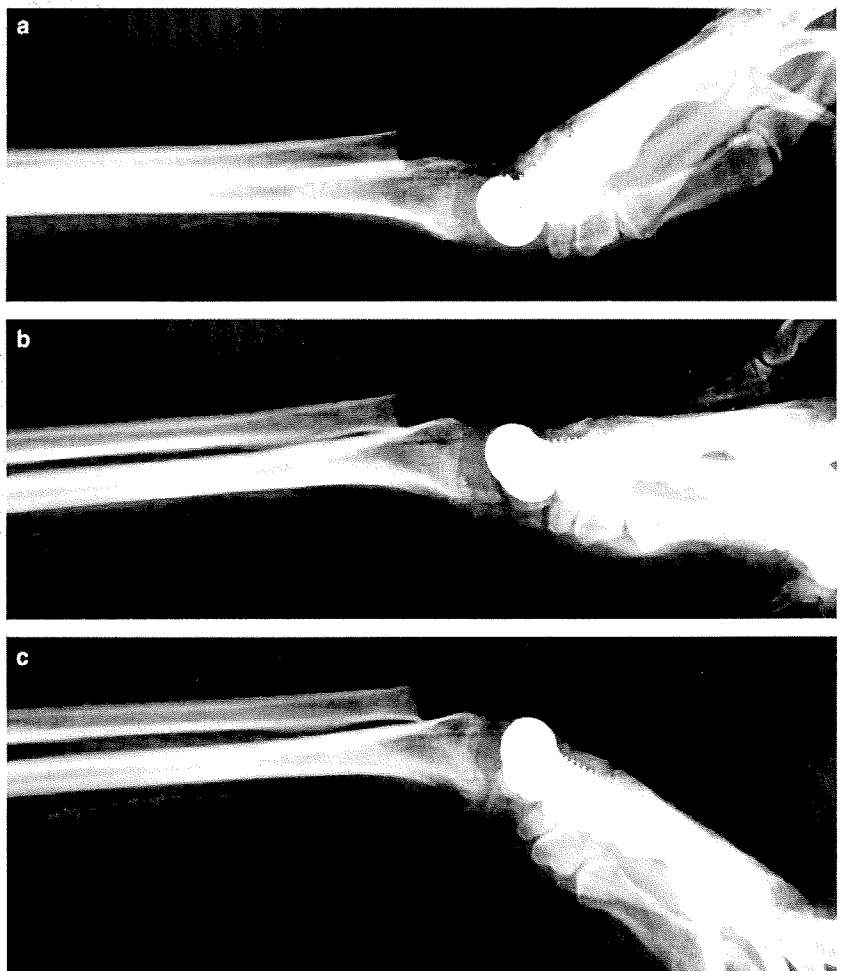


図2 置換後のX線写真

a：背屈。b：中間位。c：掌屈。



屈50°)と同様の可動域獲得が可能であった。

運動解析

先に述べた3つの摺動面(2つの半楕円形・卵円形橈尺屈半拘束・卵円形橈尺屈完全拘束)において意図したdart throw planeでの運動が得られているか、またどの摺動面が正常手関節運動に近似しているかを検討するため、magnetic tracking deviceを用いて運動解析を行った。屍体上肢(新鮮凍結1体, 解剖用1体)を肘関節近位で切断し、肘関節90°屈曲位, 前腕回内・外中間位で固定した。また、第3中手骨骨幹部に磁場センサーを固定した。橈側・尺側手根伸筋腱, 橈側・尺側手根屈筋腱の4つに重錘を下げ、手関節掌背屈運動を再現した。

解析法として、手関節橈尺方向をX軸, 掌背方向をY軸, 近位, 遠位方向をZ軸として三次元座標を決定し、手関節掌背屈運動時の運動方向および回転角度を測定した(図3)。

dart throw planeでの運動が再現されているかどうかを検討するため、掌背屈運動方向をXY平

面の α 角で検討すると、いずれの摺動面でも置換前と同様のdart throw motionが再現されていた。 α 角は背屈で置換前: -70.1° , 半楕円形: -59.5° , 卵円形半拘束型: -70.4° , 卵円形完全拘束型: -65.8° であった。掌屈では置換前: 102.3° , 半楕円形: 96° , 卵円形半拘束型: 104° , 卵円形完全拘束型: 112.2° であった。背屈・掌屈とも卵円形半拘束型で最も置換前と近似したdart throw motionが再現された(図4)。

掌背屈回転角度(角度 β)は背屈が置換前: 50.4° , 半楕円形: 43.9° , 卵円形半拘束型: 52.3° , 卵円形完全拘束型: 48° であった。掌屈は置換前: 72.9° , 半楕円形: 63° , 卵円形半拘束型: 56.9° , 卵円形完全拘束型: 47.7° であった。置換後はいずれの摺動面でも掌屈が低下していた(図5)。

回内・外運動, すなわちZ軸周囲の回旋角度 γ は、半楕円形では 20° 以上であったが、卵円形で $1\sim 2^\circ$ とわずかであった。半楕円形では過大な回旋運動が起こっていたのに対して、卵円形

図3 magnetic tracking deviceを用いた運動解析

角度 α : XY平面上の運動方向
 角度 β : 掌背屈度
 角度 γ : XY面の回旋角度

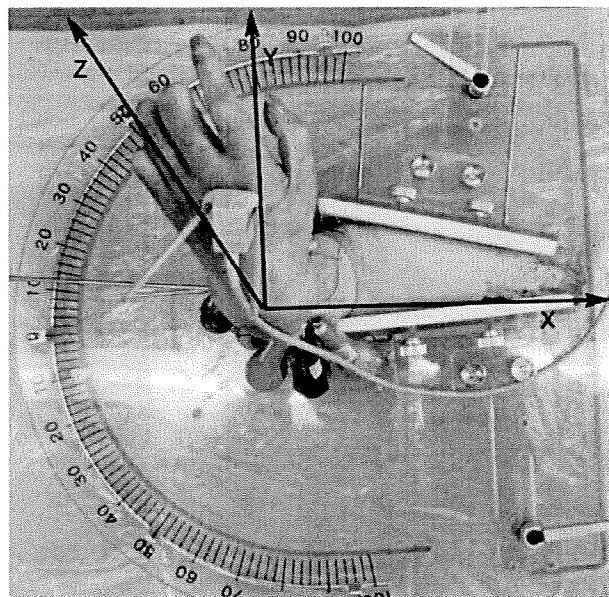
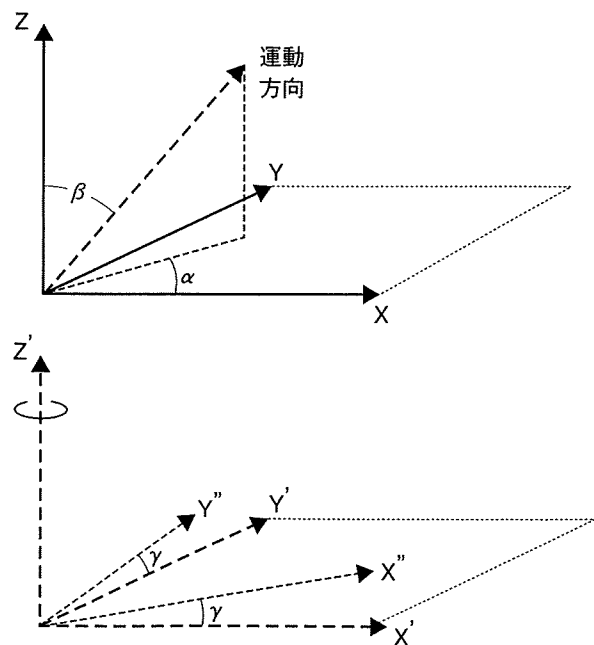
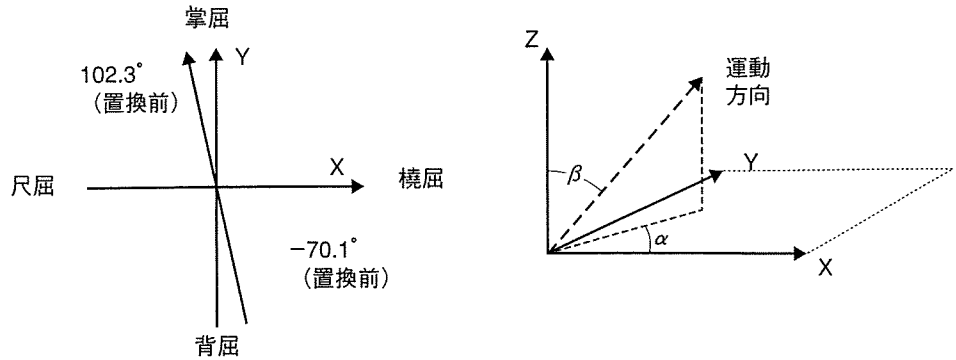
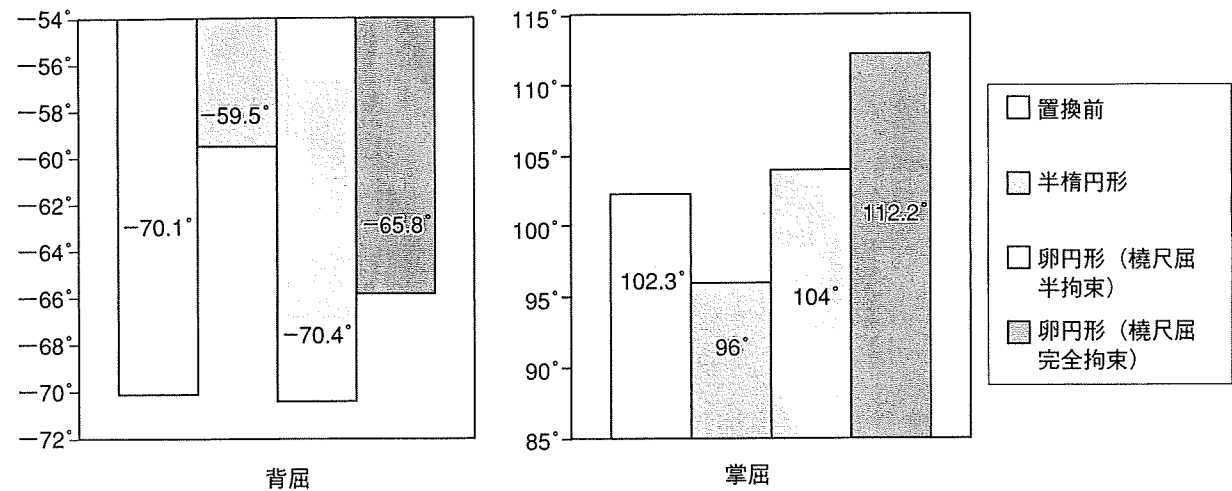


図4 XY面上での運動方向

卵円形(橈尺屈半拘束型)で最も正常と近似したdart throw motionが得られている。



角度 α (運動方向)



では回旋運動はほとんど起こらず安定していた(図6)。

考察とまとめ

手関節は橈骨手根関節, 手根中央関節の2関節を有し, 掌背屈, 橈尺屈さらに回内外の複雑な運動様式をもつため, 1関節の人工関節で置換することに矛盾と困難が生じる。正常手関節の運動解析では, 近位手根列は介在部分 intercalated segment であり, 遠位手根列の運動に誘導されること, 手関節の回転中心は有頭骨頭にあること, 生理的運動である dart throw motion は手根中央関節が主であることから, 人工手関節では手根中央関節の置換をめざすことが理論的であると考える。

今回いずれの摺動面でも dart throw motion が

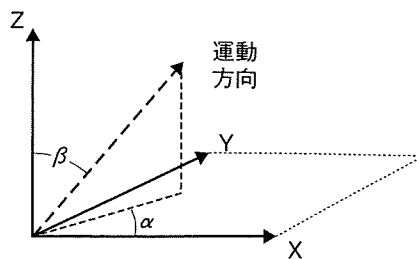
得られていたが, 橈骨手根関節をシミュレーションした半楕円形では回旋不安定性を認めたのに対して, 手根中央関節をシミュレーションした卵円形では安定しており, とくに橈尺屈半拘束型では置換前に近似した dart throw motion が得られていた。

著者らが考案した新たな人工手関節は, 生理的な dart throw motion の再現により, 理想的な人工手関節となる可能性が示唆され, 臨床応用に期待できると考える。

厚生労働省の外郭団体であるPMDAでの審査を終了後, さらに北海道大学でのIRBも通過し, 現在医師主導型治験として臨床応用を予定しているところである(本研究の大部分は厚生労働省科学研究「関節リウマチに対する上肢人工関節開発研究」によるものである)。

図5 掌背屈角度

掌屈角度は低下するが背屈は維持されている。



角度 β
(掌背屈角度)

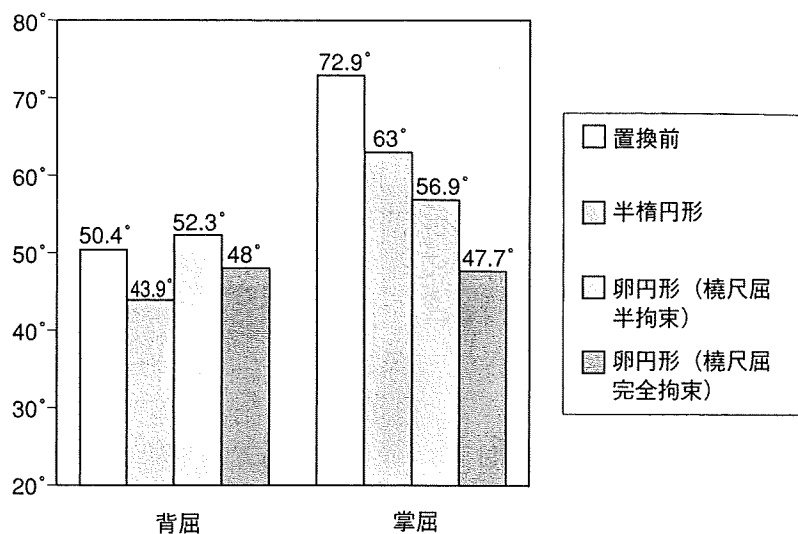
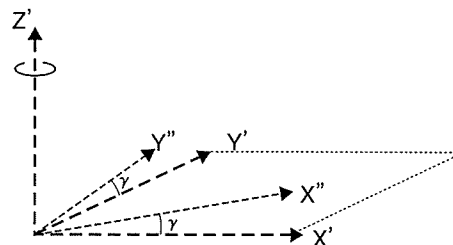
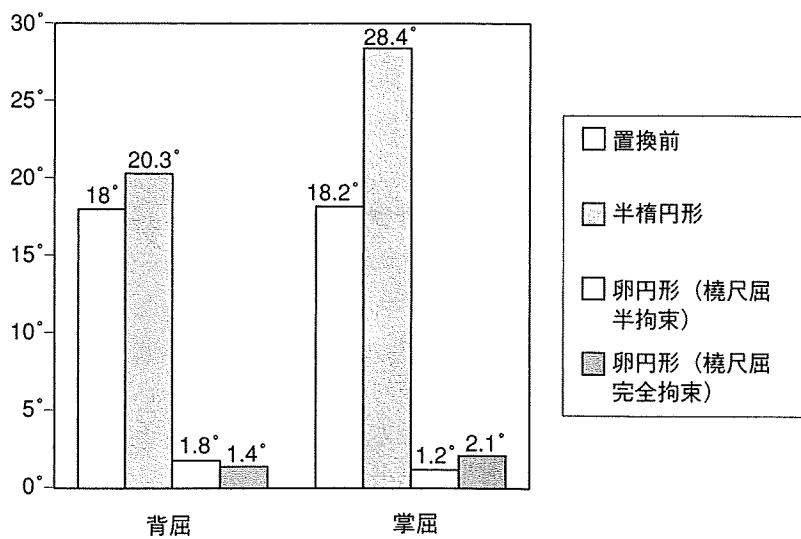


図6 回旋(回内・外)角度

半楕円形では過大な回旋が発生しているが卵円形では1~2°で安定している。



角度 γ
(回旋角度)



文献

- 1) Swanson AB : Flexible implant arthroplasty for arthritic disabilities of the radiocarpal joint. Orthop Clin North Am, 4 : 383-394, 1973.
- 2) 石川淳一, 三浪明男 : RA上肢の手術 最近の動向 : RA手関節の手術. 整・災外, 47 : 733-740, 2004.
- 3) Meuli HC, Fernandez DL : Uncemented total wrist arthroplasty. J Hand Surg, 20-A : 115-122, 1995.
- 4) Volz RG : The development of a total wrist arthroplasty. Clin Orthop, 116 : 209-214, 1976.
- 5) Figgie MP, Ranawat CS, Inglis AE, et al : Trispherical total wrist arthroplasty in rheumatoid arthritis. J Hand Surg, 15-A : 217-223, 1990.
- 6) Cobb TK, Beckenbaugh RD : Biaxial total-wrist arthroplasty. J Hand Surg, 21-A : 1011-1021, 1996.
- 7) Menon J : Universal total wrist implant : experience with a carpal component fixed with three screws. J Arthroplasty, 13 : 515-523, 1988.
- 8) Rahimtoola ZO, Rozing PM : Preliminary results of total wrist arthroplasty using RWS prosthesis. J Hand Surg, 28-B : 54-60, 2003.
- 9) Fourastier J, Le Breton L, Alnot Y, et al : Guepar's total radio-carpal prosthesis in the surgery of the rheumatoid wrist. Apropos of 72 cases reviewed. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot, 82 : 1008-1015, 1996.
- 10) Ishikawa J, Cooney WP, Niebur GL, et al : The effects of wrist distraction on carpal kinematics. J Hand Surg, 24-A : 113-120, 1999.
- 11) Moritomo H, Murase T, Goto A, et al : *In vivo* three-dimensional kinematics of the midcarpal joint of the wrist. J Bone Joint Surg, 88-A : 611-621, 2006.

RA 肘における上腕骨遠位端骨折後骨欠損に対して TEA を施行した 1 例

石垣 範雄¹ 加藤 博之¹ 内山 茂晴¹
中村 恒一¹ 伊坪 敏郎¹ 百瀬 敏充²
¹信州大学整形外科 ²諏訪赤十字病院整形外科

Total Elbow Arthroplasty for Bone Loss after Distal Humeral Fractures in Patients with Rheumatoid Arthritis ; A Case Report

Norio Ishigaki¹ Hiroyuki Kato¹ Shigeharu Uchiyama¹
Koichi Nakamura¹ Toshiro Itsubo¹ Toshimitsu Momose²

¹Department of Orthopaedic Surgery, Shinshu University School of Medicine

²Department of Orthopaedic Surgery, Suwa Red Cross Hospital

The purpose of this study was to report on a case of a patient who had treated with TEA for bone loss after right distal humeral fractures with rheumatoid arthritis. A 64 years-old female was injured a comminuted fracture at the distal humerus by a traffic accident. The fracture was treated by ORIF in another hospital. However two months after the surgery, wound infection developed. Screws, plates, and the distal bony fragments were removed. After this procedure, the wound healed uneventfully, however, the right elbow showed gross instability. She was visited our department complaining of dysfunction of her right upper extremity. She could not perform eating, washing face, and hairdressing. X-ray films showed the entire distal humerus was lost and the radius and ulna moved proximally. We performed total elbow arthroplasty using Coonrad-Morrey semiconstrained type. The remained distal humerus was removed from its tip to the metaphysis about 4 cm length, because ambient muscles and soft tissues were remarkably shortened. After the TEA she had no elbow pain, and her ADL was improved remarkably. As for this case, age was comparatively old, patient had RA, a bone defect at the distal humerus was massive. Therefore no other curative methods except semi-constrained type TEA were impossible. The semi-constrained type TEA was effective in elderly patient with massive bone loss after infection or trauma at the distal humerus.

【はじめに】

上腕骨遠位端骨折の偽関節や高齢者の同骨折では、しばしば骨接合術が困難である。そこで初回手術あるいはサルベージ手術として人工肘関節置換術（以下 TEA）を行った報告が散見される。今回、我々は関節リウマチ（以下 RA）患者における上腕骨遠位端骨折術後感染にて著しい骨欠損、肘不安定性を有する症例に対して TEA を施行し、良好な成績を得たので報告する。

【症 例】

64 歳、女性。主訴は右肘の不安定性である。既往歴として 11 年前より RA (Steinbrocker stage IV, Class II) にてブシラミン内服中であった。2005 年 1 月、交通事故で右上腕骨遠位部関節内粉碎骨折 (AO type C-3) を受傷した (図 1)。前医にて観血的整復固定術施行され、その後、リハビリ開始後 2 ヶ月に、内固定金属部に繋がる皮膚瘻孔の形成を認めた。そこで 2005 年 3 月 30 日に、

転医先の病院で内固定のスクリューとプレートの抜去、さらに遠位骨片の摘出を施行された。その後、皮膚瘻孔は治癒したが、肘の不安定性を認めるようになった。受傷後 4 ヶ月で、当科を紹介され、2005 年 7 月受診した。初診時の所見では、右肘は後方に約 7 cm の皮膚切開痕があり、発赤、腫脹はなかった。ADL には食事、洗顔、結髪動作が不能であった。関節可動域は屈曲 80°、伸展 -20°、回内 0°、回外 90°で、全方向に強い不安定性を認めた。筋力は MMT で Biceps 4、Triceps 4、握力 12 kg であった。神経麻痺、循環障害は認めなかった。初診時単純 X 線像 (図 2) および CT 像 (図 3) では上腕骨顆部は完全に欠損していた。肘頭は内上方へ大きく転位していた。JOA score は 52 点、Mayo Elbow score は 65 点、DASH score は 58.3 点であった。術前血液検査所見では、炎症反応は認めなかった。まず 2006 年 3 月 31 日、右肘頭の鋼線を抜去し、同時に同部位の骨、滑膜を採取し、病理検査、培養検査を行った。さらに肘関節穿刺による培養検査を行った。これらの結

Key words : distal humeral fracture (上腕骨遠位端骨折), total elbow arthroplasty (人工肘関節置換術), rheumatoid arthritis (関節リウマチ)

Address for reprints : Norio Ishigaki, Department of Orthopaedic Surgery, Shinshu University School of Medicine, 3-1-1 Asahi, Matsumoto Nagano, 390-8621 Japan

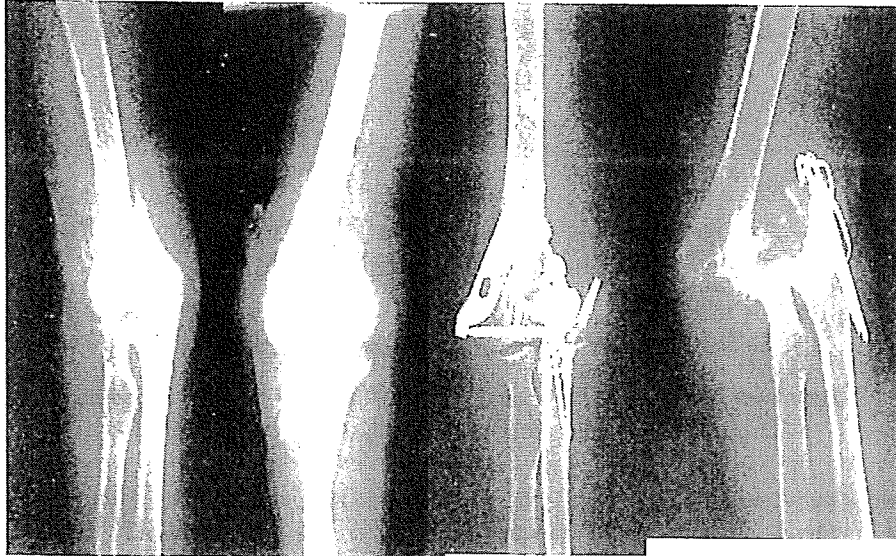


図1 a) 受傷時右肘単純X線像
b) 初回手術後右肘単純X線像
c) 金属抜去時右肘単純X線像

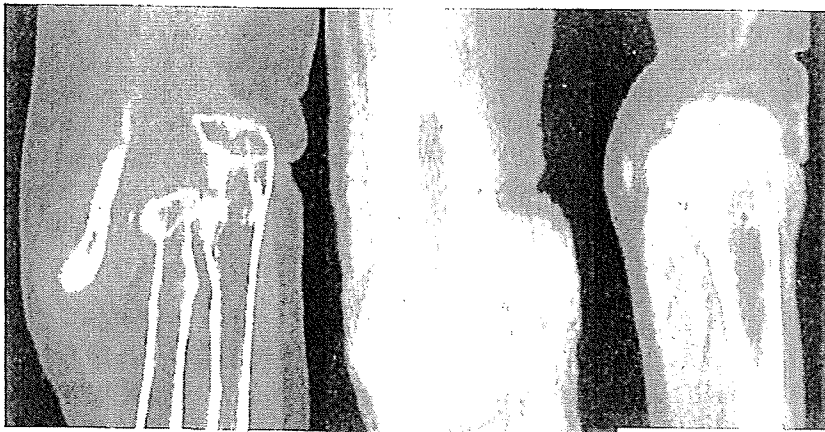


図3 TEA前右肘CT

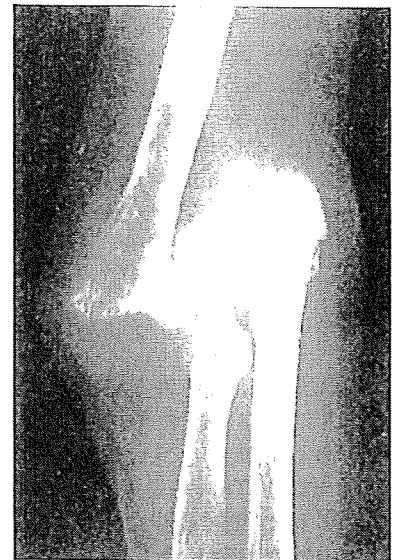


図2 TEA前右肘単純X線像

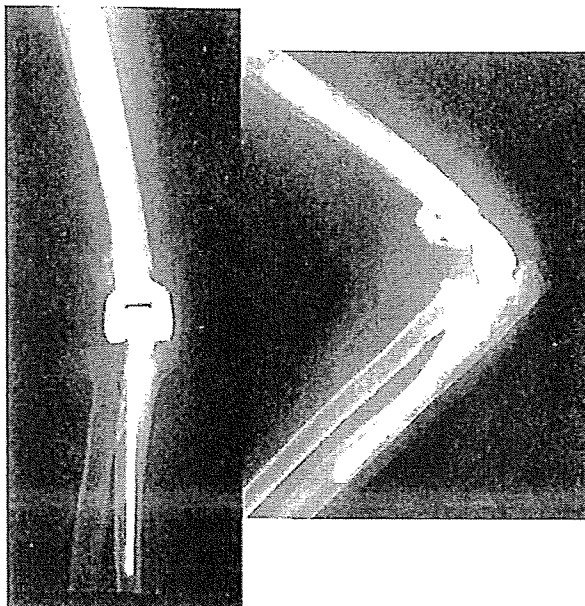


図4 TEA後6ヵ月右肘単純X線像

果はすべて細菌感染の活動性を否定するものであった。そこで2006年8月1日、肘機能改善目的で半拘束型TEA (Coonrad-Morrey type) を施行した。術前の前腕引き下げX線検査にて肘関節周囲の筋、軟部組織の緊張が著しいことを確認した。手術は左側臥位、後方からのアプローチで進入し、まず尺骨神経を確認し、これを剥離した。次に上腕三頭筋と腱を剥離し、これらの連続性を保ったまま、上腕骨遠位を2cm切除した。型の如くリーミングを行い、上腕骨、尺骨にそれぞれextra smallのトライアルを挿入した。そこで試験整復を試みるも、周囲の筋の緊張が強く整復は不能であった。そこで徐々に上腕骨遠位端を切除していき、4cm上腕骨遠位を切除した時点で、トライアルの整復は可能となった。トライアル装着時の

肘関節の屈曲は80°、伸展0°であった。上腕骨、尺骨コンポーネントをセメント固定した。上腕骨前面のフリンジとの間には切除した上腕骨を移植した。術後1週間のギブス固定の後、介助下関節可動域訓練を行い、術後4週より支柱付装具装着下で自動肘関節可動域訓練を開始した。術後2ヵ月で自宅内は装具なしとし、外出時や家事などでは装具装着で肘の使用を許可した。術後6ヵ月現在、肘関節痛は認めず、洗顔動作、結髪動作可能で、日常生活動作も著しく拡大した(図4)。肘関節可動域は術後より徐々に拡大し、屈曲120°、伸展0°、回内75°、回外80°と改善。上肢長は右44.5 cm、左47 cmと短縮認めるものの、JOA score 91点、Mayo Elbow score 100点、DASH score 30点と改善し、患者満足度は非常に高い。

【考 察】

上腕骨遠位部骨折後偽関節において、骨の短縮や変形のため、骨接合術が困難となることがある。その際、半拘束型TEAを行い、良好な成績を得た報告が近年多くみられる。Morreyらは³⁾、上腕骨遠位部骨折後偽関節の症例39例に対し、半拘束型TEAを施行し、31例で満足の成績を得たと報告した。Ramseyら⁴⁾も外傷性肘関節不安定症に半拘束型TEAを行い、19例中16例が良好な結果と報告している。

また高齢者の上腕骨遠位部骨折においても、骨の脆弱性、偽関節や、長期固定による関節可動域制限などの合併症の問題から、初回治療として半拘束型TEAを施行することを推奨する報告もある。Cobbら¹⁾は、RA患者を含む、平均72歳の高齢者の新鮮骨折21例にTEAを施行して、良好な成績を報告している。またFrankleら²⁾は、65歳以上の新鮮骨折患者24例を、骨接合術を行った群12例と半拘束型TEAを行った群12例の2群に分けて術後結果を比較検討し、RAや骨粗鬆症などの合併症を有する症例にはTEAを推奨している。

今回の我々の症例では、年齢が64歳と比較的高齢であり、RAである上に、骨欠損が大きく、半拘束型TEA以外の方法は不可能であった。

今後の問題点としては、Schneebergerら⁵⁾が活動性の高い患者や術後プロトコルを守れない患者への半拘束型TEAは相対的禁忌であると述べているが、本症例では比較的活動性の高い患者であることから、長期にわたってlooseningなどの合併症の発生などにつき経過観察をする必要がある。

【まとめ】

1. RA患者における上腕骨遠位端骨折術後感染にて著しい骨欠損、肘不安定性を有する症例に半拘束型人工肘関節置換術を施行し、良好

な成績を得たので報告した。

2. 合併症を有する患者の上腕骨遠位部骨折後骨欠損例には、半拘束型人工肘関節置換術は有効な治療法であった。

【文 献】

- 1) Cobb TK, Morrey BF : Total elbow arthroplasty as primary treatment for distal humeral fractures in elderly patients. *J Bone Joint Surg Am.* 1997 ; 77 : 826-32.
- 2) Frankle MA, Herscovici D, DiPasquale TG, et al : A comparison of open reduction and internal fixation and primary total elbow arthroplasty in the treatment of intraarticular distal humerus fractures in women older than age 65. *J Orthop Trauma.* 2003 ; 17: 473-80.
- 3) Morrey BF, Adams RA : Semiconstrained elbow replacement for distal humeral nonunion. *J Bone Joint Surg Br.* 1995; 77 : 67-72.
- 4) Ramsey ML, Adams RA, Morrey BF : Instability of the elbow treated with semiconstrained total elbow arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 1999; 81 : 38-47.
- 5) Schneeberger AG, Adams R, Morrey BF, et al : Semiconstrained total elbow replacement for the treatment of post-traumatic osteoarthritis. *J Bone Joint Surg Am.* 1997 ; 79 : 1211-22.

RAによる指ボタン穴変形の治療

Treatment for boutonniere deformity in rheumatoid arthritis

加藤博之 内山茂晴 山崎 宏 松田正之 山崎 秀

はじめに

関節リウマチ(RA)における指ボタン穴変形(boutonniere deformity, buttonhole deformity)はPIP関節背側の伸展機構の破壊によって生じる。ボタン穴変形ではPIP関節の疼痛は少なく、PIP関節の屈曲制限はほとんどない。そのため握り動作は可能でRA患者にとっては変形が重度になるまで愁訴にはならないことが多い。本症の手術療法については成書に各種の方法が記載されてはいるが、その適応や成績を明確に記載した報告は少ない。したがって一般のリウマチ医あるいは整形外科医にとって、ボタン穴変形を積極的に治療する機会は少ないと思われる。著者らは、重症度に応じて、適切かつ積極的に治療することが機能的にも整容的にも患者にとって利することが大であると確信している。

Key words

ボタン穴変形(boutonniere deformity)
関節リウマチ(rheumatoid arthritis ; RA)
PIP関節(proximal interphalangeal joint)

H. Kato : 信州大学医学部運動機能学講座
S. Uchiyama : 信州大学医学部附属病院整形外科
H. Yamazaki : 信州大学医学部附属病院救急部
M. Matsuda : 信州大学医学部脳神経内科, リウマチ膠原病内科
H. Yamazaki : 抱生会丸の内病院リウマチ科

本稿ではRA患者を診療する一般整形外科医を対象に、ボタン穴変形の病態と治療の原則を述べる。また著者らの行っている手術療法とその成績を紹介する。

ボタン穴変形の病態

健常指では中央索と側索がPIP関節を伸展する(図1④)。ボタン穴変形ではPIP関節背側の滑膜炎が中央索と側索を弛緩させる。その結果、中央索はPIP関節の完全伸展を維持できなくなり、側索は掌側へ移動する(図1⑤)。中央索は近位へ移動し側索の緊張と斜支靭帯の緊張はDIP関節を伸展させる。発症後早期であればPIP関節は他動的に完全伸展可能であるが、陈旧例では、横支靭帯、斜支靭帯、そしてPIP関節の掌側板と副靭帯に拘縮が生じ、他動的にPIP関節を伸展できなくなる¹⁾。斜支靭帯の緊張はretinacular tightness testで診断される。

ボタン穴変形の治療原則

MillenderとNalebuffは変形の程度に応じて本症のStageをI～IIIに分類し、それぞれの治療法を推奨している^{2),3)}(表1)。Stage IではPIP関節に15°前後の伸展不全があり、DIP関節の完全伸展ができない。まず保存療法あるいはPIP関節内へのステロイド薬注射によるPIP滑

図1 ボタン穴変形の病態 ③

③：指の伸展機構。中央索と側索はPIP関節を伸展する。

④：ボタン穴変形。中央索は弛緩し、側索は掌側に移動するため、PIP関節は屈曲する。中央索が近位に移動して側索に緊張が加わりDIP関節を伸展する。斜支靭帯が拘縮してボタン穴変形は非可逆性となる。さらにPIP関節掌側の副靭帯(accessory ligament)と掌側板(palmar plate)が拘縮してPIP関節自体の拘縮が生じる。

a：指伸筋腱、b：骨間筋腱、c：虫様筋腱、d：中央索(central band)、e：側索(lateral band)、f：終止伸腱(terminal tendon)、g：横支靭帯(transverse retinacular ligament)、h：斜支靭帯(oblique retinacular ligament)

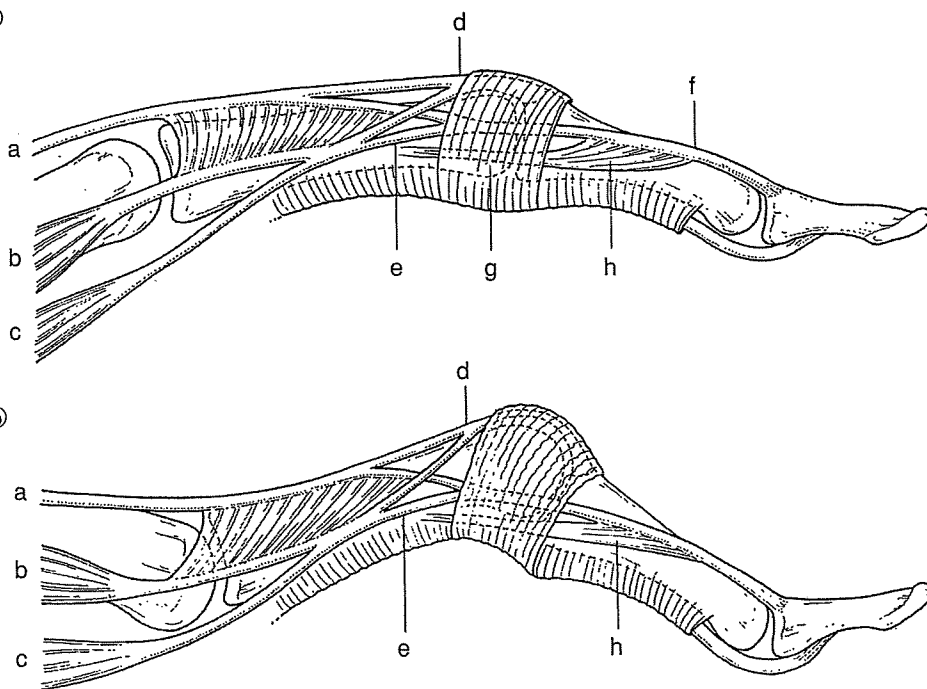


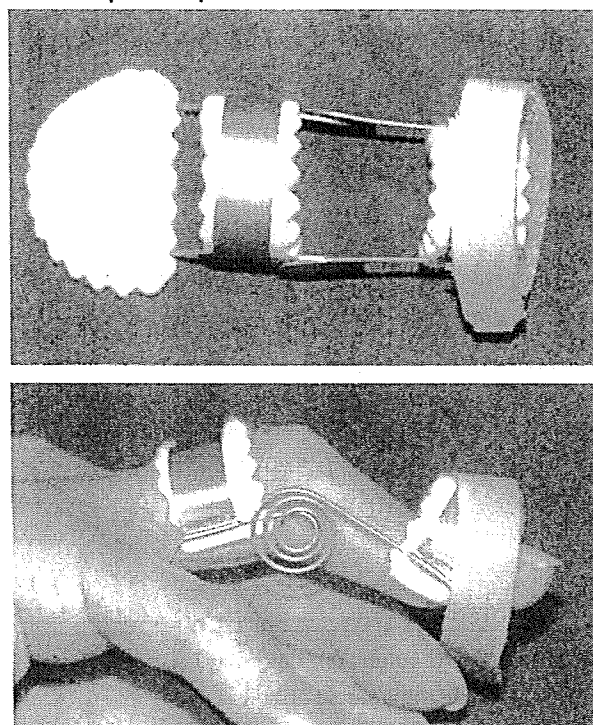
表1 ボタン穴変形の治療原則³⁾

Stage	PIP関節	DIP関節
I：軽度	dynamic splint装用あるいは関節滑膜切除	伸筋腱終止伸腱切離
II：中等度	伸展機構再建	伸筋腱終止伸腱切離
III：重度	関節固定あるいは関節形成	伸筋腱終止伸腱切離

(文献³⁾より)

膜炎のコントロール，dynamic splintによるPIP関節の伸展位保持と，DIP関節の積極的屈曲運動を行う。splintにはfinger reverse knuckle bender，あるいはCapener splint⁴⁾が用いられる。後者はコンプライアンスもよく，矯正力を調節しやすいので著者は好んで用いている(図2)。Capener splintは動的splintで夜間固定には不向きなので，静的splintのBelly gutter splint⁴⁾を夜間は用いる。これらの治療に抵抗するStage I例には，中節骨背側での伸筋腱の終止伸腱切離術(Fowler's tenotomy)が推奨される。本手術は局所麻酔下に行い，患者にDIP関節の自動屈曲を行わせながら腱切離の量を調節する。術後はdynamic splintを装用する。南川らは同

図2 Capener splint



(文献⁴⁾より)

様の例に、背側縦進入により観血的滑膜切除後に3カ月以上の伸展位Capener splint固定で良好な成績を報告している⁵⁾。

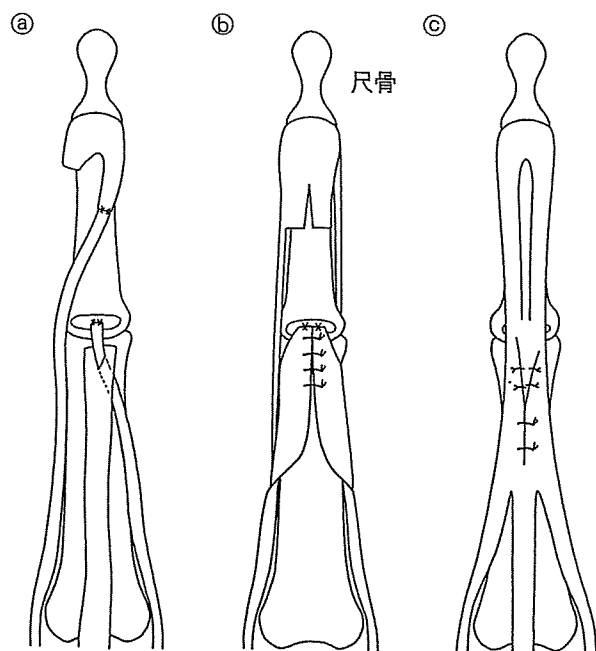
PIP関節の伸展不全が30°を超えるStage IIの中等度例では機能障害や整容的不満が高くなる。患者はMP関節を過伸展して機能障害を代用している。Stage IIで、手関節とMP関節に変

形や拘縮がない例は、各種の伸筋腱機構の再建術の適応がある。これらは中央索の短縮、側索の解剖学的位置への整復、そして伸筋腱の終止伸腱切離の要素をそれぞれ異なった方法で再建するものである。一般的にはLittle&Eaton法⁶⁾、Matev法⁷⁾が推奨される(図3)。わが国では南川らがPIP背側で伸筋腱の遠位を基部としてV字状に切開し、Y字状に近位に後退させ重ね合わせ縫合する腱形成術式を報告している^{5),8)}。南川らの10指の成績によると術前平均49°の伸展不全角度が術後平均11°に改善している。水関らはPIP関節の滑膜切除術に加えて中央索と側索の縫縮術を報告している^{8),9)}。

Stage IIIでPIP関節の破壊が重度でPIP関節の屈曲拘縮のために握り動作が困難な例では、PIP関節固定術が行われる。関節固定角度は示指で屈曲25°、中指で30°、環指で40°、小指では屈曲45°が推奨される。南川らはこのような重度例に表面置換型人工関節による関節形成術と伸筋腱再建術の合併手術を報告している⁵⁾。

図3 ボタン穴変形Stage IIに対する腱形成術

Ⓐ: Matev法。Ⓑ: Littler & Eaton法。Ⓒ: 南川法。



(Ⓐは文献⁷⁾より、Ⓑは文献⁶⁾より、Ⓒは文献⁵⁾より)

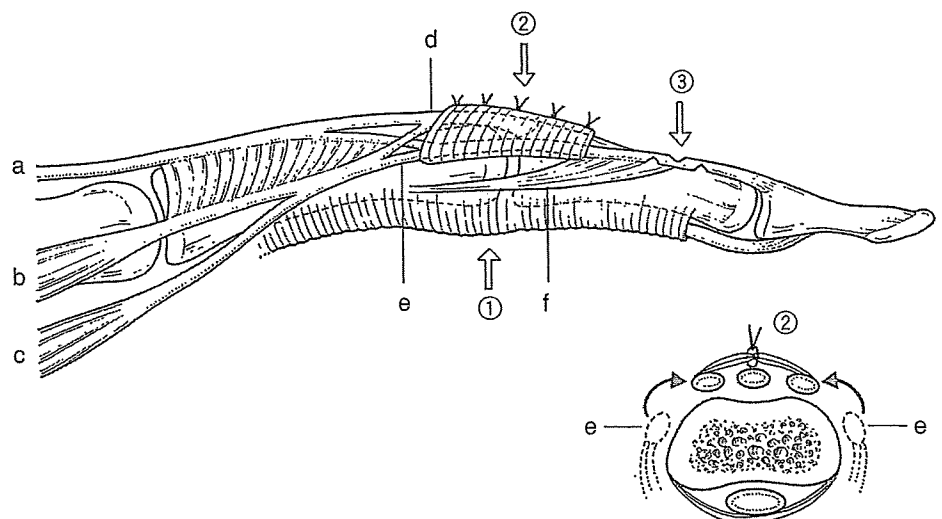
Ohshio変法

Salvi法は両側のPIP関節包を背側基部として弁状に起こし、PIP関節背側で縫合して側索を

図4 Ohshio変法

- ①両側の横支靭帯を掌側で切離して背側に翻転する。
- ②両側の横支靭帯をPIP背側で縫合することにより、掌側に移動した側索を背側に移動してPIP関節の伸展力を得る。
- ③中節骨中央から遠位で終止伸腱に数カ所の横切開を加えて延長する。

a: 指伸筋腱、b: 骨間筋腱、c: 虫様筋腱、d: 中央索 (central band)、e: 側索 (lateral band)、f: 斜支靭帯 (oblique retinacular ligament)



背側に移動させPIP関節の伸展力を獲得する方法を報告した¹⁰⁾。OhshioらはSalvi法を改良し、関節包の代わりに両側の横支靭帯を剥離して背側で縫合する方法を報告した¹¹⁾。著者はOhshio法を外傷性ボタン穴変形に行ってきたが、Ohshio法の原法では、術中に横支靭帯の背側への引き上げ度合いを決定することが難しいこと、また術後にDIP関節の屈曲制限が悪化する例があることを経験した。

そこで2002年以降、RA指ボタン穴変形に対してOhshio法に改良を加えたOhshio変法を行っている(図4, 5)。

Ohshio変法施行症例は6例7指で、ボタン穴変形の程度は、Stage II : 3指, Stage III : 4指である(表2)。Stage IIIの4指では屈曲拘縮は15~30°と比較的軽度で、PIP関節破壊もわずかであった。患者はいずれも指の屈曲変形を訴えており、整容的改善が手術の目的であった。罹患指のMP関節に明らかな変形や関節炎はみ

られなかった。複数指手術の1例を除いては他指に著明な変形はなかった。術前にCapener splintを2~3カ月間装用し、装具によるPIP関節屈曲拘縮の改善と術後のリハビリテーションに対する理解を得た。麻酔はwrist blockにdigital blockを併用した。複数指同時手術の症例5では局所静脈麻酔(Bier block)を併用し、術中の自動伸展を可能とするために前腕中央に空気止血帯を装着した。

PIP関節背側に弧状の皮切を加えた。皮下を十分に剥離してPIP関節の橈側と尺側を露出する。橈側と尺側の横支靭帯を掌側で切離し、同靭帯を背側を基部とする矩形に剥離する。これが本手術の第1のポイントである。Stage IIIでは副靭帯と掌側板の近位を切離して他動伸展0°を得る。側索の掌側と遠位の剥離を行い斜支靭帯と側索の間を解離する。全例でPIPの橈側と尺側からPIP関節側副靭帯を温存して滑膜切除術を行う。

図5 【症例5】

50歳、女性。右中と環指のボタン穴変形、Stage III。

㊤：中指にそれぞれ15°の屈曲拘縮がある。

㊦：Ohshio変法後3年。関節の自動可動域は、中指でPIP：伸展-10°、DIP：屈曲60°、環指でPIP：伸展-15°、DIP：屈曲60°である。整容的に非常に満足している。

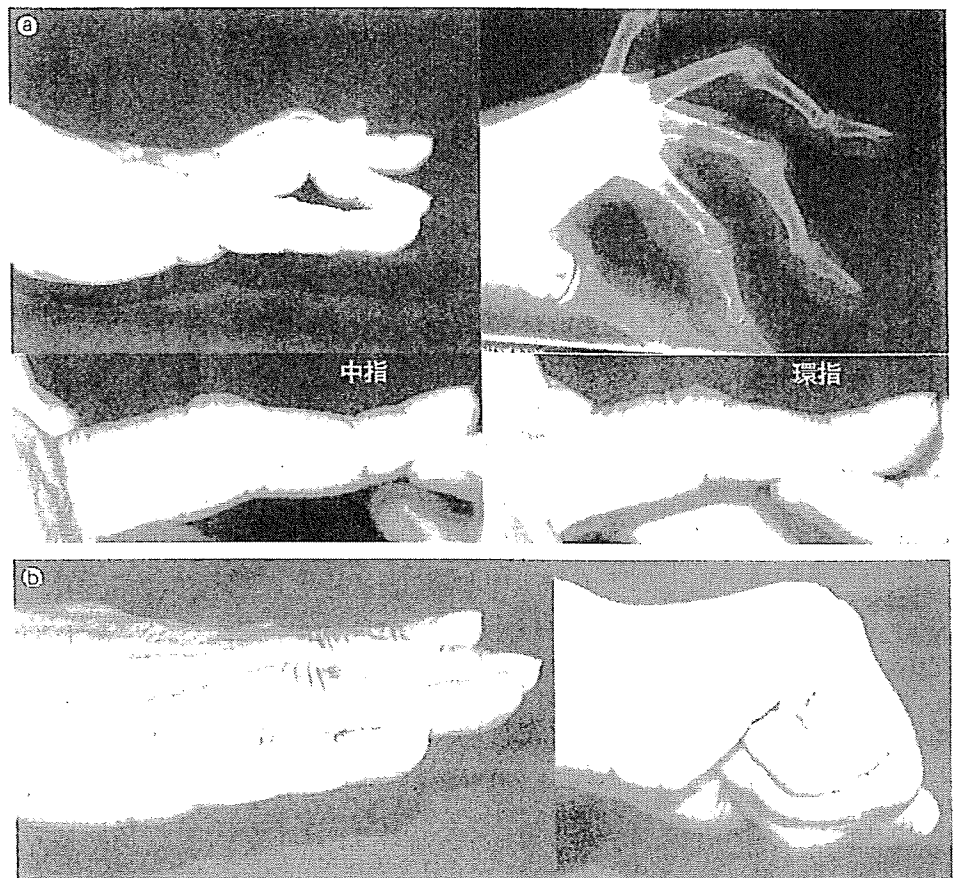


表2 Ohshio変法例の内訳

症例	RA罹病					PIP 関節 (屈曲拘縮 角度)	PIP自動 運動角度 (屈曲/伸展)	DIP自動 運動角度 (屈曲/伸展)	PIP関節側面 X線像
	年齢、性	期間(年)	罹患指	Stage	主訴				
1	64歳、女性	3	右中指	Stage III	指の変形	30°	100/-60°	70/15°	裂隙狭小、軟骨 下骨軽度不整
2	47歳、女性	2	左示指	Stage II	指の変形	なし	100/-55°	30/30°	著変なし
3	25歳、女性	18	左中指	Stage II	指の変形	なし	100/-45°	75/25°	裂隙狭小
4	30歳、女性	8	左示指	Stage II	指の変形	なし	100/-50°	30/40°	裂隙狭小
5	50歳、女性	13	右中指	Stage III	指の変形	15°	95/-50°	70/10°	裂隙狭小、軟骨 下骨軽度不整
	50歳、女性	13	右環指	Stage III	指の変形	15°	95/-50°	70/10°	裂隙狭小、軟骨 下骨軽度不整
6	62歳、女性	14	左環指	Stage III	指の変形	20°	100/-80°	55/20°	裂隙狭小、軟骨 下骨軽度不整
平均	47歳	10				11°	97/-56°	57/21°	

表3 Ohshio変法の成績

症例	術後経過 期間(月)	患者満足度	PIP関節 (屈曲拘縮角度)	PIP自動ROM (屈曲/伸展)	DIP自動ROM (屈曲/伸展)
1	67	非常に満足	15°	75/-20°	30/0°
2	66	非常に満足	なし	100/0°	30/0°
3	55	非常に満足	なし	100/0°	50/0°
4	42	満足	10°	95/-10°	45/0°
5	36	非常に満足	10°	95/-10°	60/0°
	36	非常に満足	10°	95/-15°	60/0°
6	24	満足	25°	100/-25°	30/0°
平均	46		10°	94/-13°	44/0°

次に、PIP関節の背側に翻転した横支靭帯同士を縫合して側索を背側に移動させる。横支靭帯の縫合に際しては患者に指のPIP関節の自動伸展を行ってもらい、伸展0°が得られるような緊張度で縫合する点が第2のポイントである。縫合後は側索の緊張が強くなるため、DIP関節の他動屈曲は術前よりさらに困難となる。そこで、中節骨背側中央より遠位で伸筋伸腱に対して橈側、尺側から数カ所の部分横切開を加え、DIP関節の自動屈曲が約15°得られるまで少しずつ数カ所の横切開を加えることが本手術の第3のポイントである。PIP関節は伸展位でKirschner鋼線あるいは掌側splintで術後約10日間固定する。DIP関節は術後2、3日より

自動屈曲運動を励行する。術後約10日よりPIP関節の自動屈曲を作業療法士の指導下に開始する。PIP関節の腫脹が軽減したらCapener splintを装着してPIP関節とDIP関節の自動屈曲を同時に行う。術後6～8週でsplintを除去しての屈曲伸展を徐々に開始する。夜間はPIP関節伸展位のsplintを8～12週装着する。術後8～12週で徐々に日常生活での患指使用を許可する。結果は表3に示す。ボタン穴変形は全指で改善し、手術に満足と答えている。PIP関節の自動伸展不全の角度は術前が平均56°であったが、術後は平均13°に改善した。またDIP関節の屈曲障害を訴えている例はない。

Ohshio変法は術中に指の自動運動を行わせ

ながら腱緊張度を調節できるため、変形の矯正が確実である。また腱の縫合・縫着を要しないので後療法が容易である。

まとめ

RA指ボタン穴変形は、日常生活動作の障害に関する訴えは少なく疼痛もないことから軽視されがちである。しかし著者がOhshio変法を施行した患者は一様に非常に満足していた。その理由は、手を人前に出せるようになり外出が苦ではなくなった、長年あきらめていた変形が治った、などであった。成書ではボタン穴変形の手術成績は不確実であり、その適応には慎重であるべきと述べられている。しかし、患者に変形改善に対する意欲があり、術後の後療法が確実に行うことができる場合は、積極的に手術療法に取り組むべきと考えている。

◆文 献◆

- 1) Tubiana R : The Boutonnière deformity. The Hand. vol 3. WB Saunders Company, Philadelphia, 1988, p106-124.
- 2) Nalebuff EA, Millender LH : Surgical treatment of the Boutonnière deformity in rheumatoid arthritis. Orthop Clinic North Am, 6 : 753-763, 1975.
- 3) Feldon P, Terrono AL, Nalebuff EA, et al : Rheumatoid arthritis and other connective tissue disease. Green's Operative Hand Surgery, 5th ed, Green DP. Elsevier Churchill Livingstone, Philadelphia, 2005, p2120-2123.
- 4) Li C : Force analysis of the Belly Gutter and Capener splints. J Hand Ther, 12 : 337-343, 1999.
- 5) 南川義隆, 中村誠也, 小川亮恵ほか : リウマチ性ボタン穴変形の治療成績. 日手会誌, 14 : 887-891, 1998.
- 6) Littler JW, Eaton RG : Redistribution of forces in the correction of Boutonnière deformity. J Bone Joint Surg, 49-A : 1267-1274, 1967.
- 7) Matev I : Transposition of the lateral slips of the aponeurosis in treatment of long-standing "Boutonnière deformity" of the fingers. Br J Plast Surg, 17:281-286, 1964.
- 8) 水関隆也 : ボタン穴変形, スワンネック変形. 手指の外科一修復, 再建とリハビリテーション. 新OS NOW 22, メジカルビュー社, 東京, 2004, p136-141.
- 9) 水関隆也 : ボタン穴変形. リウマチ手の外科研究会記録集, 4 : 3-11, 2002.
- 10) Salvi V : Technique for the buttonhole deformity. The Hand, 1 : 96-97, 1969.
- 11) Ohshio I, Ogino T, Minami A, et al : Reconstruction of the central slip by the transverse retinacular ligament for boutonnière deformity. J Hand Surg, 15-B : 407-409, 1990.

〔症例報告〕

リウマチ肘の上腕骨遠位端関節内粉碎骨折に対し 人工肘関節置換術を施行した2例

石垣 範雄¹⁾ 内山 茂晴¹⁾ 伊坪 敏郎¹⁾
加藤 博之¹⁾ 畑 幸彦²⁾ 中村 恒一²⁾

索引用語：人工肘関節置換術，関節リウマチ，上腕骨遠位端関節内粉碎骨折

はじめに

関節リウマチ（以下 RA）患者における上腕骨遠位端関節内骨折は観血的整復固定術が困難な場合がある。そこで上腕骨遠位端骨折の偽関節や高齢者の同骨折に対し，人工肘関節置換術（以下 TEA）を行った報告が近年，散見される^{1,2)}。われわれは，RA 患者における上腕骨遠位端骨折の2例に，半拘束型 TEA を施行し，良好な成績を得たので報告する。

症 例

症例 1：64 歳女性で，主訴は右肘の不安定性であった。既往歴として 11 年前より RA（受診時 Steinbrocker stage IV, class II）の診断にてブシラミン内服中であった。現病歴は，交通事故にて右上腕骨遠位端粉碎骨折（AO type C-3）を受傷した（図 1）。前医にて観血的整復固定術施行されたが，術後 2 ヶ月時に，プレート部に繋がる皮膚瘻孔の形成および創感染を認めた。スクリュー・プレートの抜去，顆上部遠位骨片の摘出が施行された。その後より肘の動揺性を認めるようになった。受傷後 4 ヶ月で，手術目的に当科を受診した。初診時，右肘は著しく変形し，食事，洗顔，結髪

動作困難であった。肘関節自動可動域は屈曲 80°，伸展 -20°，回内 0°，回外 90°で，全方向に強い動揺性を認めた。筋力は MMT で biceps 4，triceps 4，握力 12 kg であった。尺骨神経などの神経麻痺症状は認めなかった。術前 JOA score は 52 点，Mayo elbow score は 65 点，DASH score は 58.3 点であった。術前血液検査所見では，炎症反応は認めなかった（CRP 0.34，ESR（1 h）17，（2 h）34）。抜釘時および当科での肘関節穿刺による細菌培養検査は一般細菌，嫌気性菌ともに陰性であった。

初診時単純 X 線像および CT 像では上腕骨は腕尺，腕橈関節より脱臼し，外側へ転位，上腕骨遠位部は肘頭窩上縁より欠損していた（図 2）。肘機能改善を目的として半拘束型 TEA（Coonrad-Morrey type）を受傷後 7 ヶ月で施行した。周囲の筋，軟部組織の短縮が著しく，残存した上腕骨遠位を 4 cm 切除し上腕骨コンポーネントを挿入した。近位橈尺関節の変形は術前，術中とも認めず，コンポーネント挿入後，回旋制限は改善したため，橈骨頭は温存した。切除した骨は上腕骨コンポーネントの前方フランジへ骨移植として用いた（図 3）。術後経過は良好で，術後 1 週間のギプス固定の後，介助下関節可動域訓練を行い，術後

¹⁾信州大学医学部運動機能学 ²⁾同リハビリテーション部

Total elbow arthroplasty for the comminuted fracture of the distal end of humerus in rheumatoid patients: Two cases report

Norio Ishigaki, et al: Department of Orthopaedic Surgery, Shinshu University School of Medicine

Key words: total elbow arthroplasty, rheumatoid arthritis, humerus fracture