

者では膝，股関節，頸椎などの再建手術の際に既に腸骨を採取されている場合もあり，採取できる量や部位に限られるという問題点がある。また，関節リウマチ患者の肘後面は軟部組織に乏しく，時に皮膚壊死を伴うなどの軟部組織の問題もある。今回の Kudo elbow typ-5 人工関節例にも 1 例で肘頭部の皮膚壊死が生じ，後に有茎皮弁による皮膚再建術を要した。皮膚壊死の原因は局所の皮膚の血流不全によるが，その対策として局所に血管新生を促進することができれば，人工関節周囲の骨・軟部組織の温存あるいは再建が容易となる。近年，骨髓細胞から単核球分画を単離し，虚血下肢・心筋に移植すると毛細血管が増生し血管新生が生じることが動物実験で立証されており，閉塞性動脈硬化症，パージャーカー病などの四肢血流障害に対する骨髓単核球移植治療が臨床で行われている。私達は，骨髓単核球細胞移植が局所血管新生を増強させる効果を動物実験にて検討中であり，人工肘関節置換術の手術に臨床応用可能な方法を開発中である。

RA 肘に対して Kudo elbow type-5 による人工肘関節置換術を行い，中期経過観察期間ではあるが臨床上満足のいく結果を得た。長期成績の追跡が必要ではあるが，本法は疼痛・肘関節機能を改善し得る有用な治療法であると考えられた。次年度の報告では，骨髓単核球移植による皮弁の血管新生，骨再生効果を報告する予定である。

E. 結論

RA 肘に対して工藤式人工肘関節置換術を行い，中期経過観察期間ではあるが臨床上満足のいく結果を得た。長期成績の追跡が

必要ではあるが，本法は疼痛を軽減させ，肘関節機能を改善し，日常生活動作の改善を成し得る有用な治療法である。Clear line が尺骨コンポーネントに認められる例があり，今後の注意深い経過観察が必要である。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

1. 当科における関節リウマチ肘に対する工藤式 (type-5) 人工肘関節の治療成績
加藤博之，藤本理代，岩崎倫政，三浪明男，三浪三千男 日本肘関節学会誌 11:5・6,2004

2. 学会発表

1. 加藤博之，藤本理代，岩崎倫政，三浪明男，三浪三千男：「当科における関節リウマチ肘に対する工藤式 (type-5) 人工肘関節の中・長期成績」

第 16 回日本肘関節学会 平成 16 年 2 月 21 日 於：京都市

2. 加藤博之，藤本理代，岩崎倫政，三浪明男・三浪三千男：「RA 肘に対する Kudo type 5 人工肘関節の中期成績」

第 33 回リウマチの外科研究会

平成 16 年 8 月 28 日

3. Fujimoto, M. Kato, H.

Iwasaki, N. Yoshioka, C. Minami, A.:

Medium term follow-up study after Kudo type 5 total elbow arthroplasty for patients with rheumatoid arthritis.

ASSH Residents and Fellows Conference in Hand Surgery Sept-8, 2004

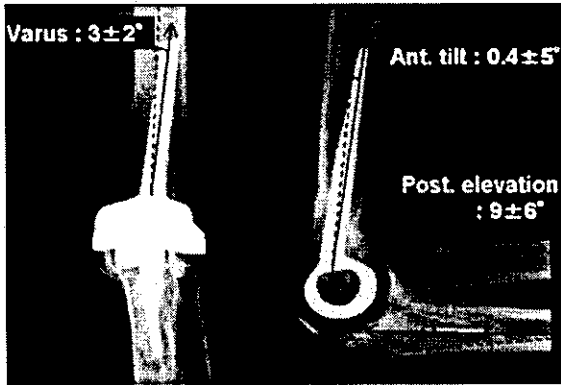


図 1

H. 知的財産権の出願・登録状況
なし

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）
分担研究報告書

関節リウマチにおける非拘束式人工肘関節置換術の成績と適応の検討
および正常肘関節における3次元キネマティック研究

分担研究者 村瀬剛 大阪大学大学院医学系研究科器官制御外科学整形外科助手
研究協力者 関敦仁 国立相模原病院医長

研究要旨:1. 関節リウマチ患者の64肘を対象として、大阪大学式人工肘関節置換術の成績に関する後ろ向き臨床研究を行った。臨床成績では術前平均46点が術後平均73点へと有意に改善したが、レントゲン評価では、上腕骨遠位骨切で面取りが出来なかった肘にショートステム上腕骨コンポーネントを設置した症例でゆるみが見られた。大きな骨欠損を伴うリウマチ肘関節をターゲットとした人工肘関節では上腕骨コンポーネントのステムデザインが重要と考えられた。2. 関節リウマチに対する新しい人工肘関節の設計の基礎データとして、独自の生体3次元動態解析システムを用いて正常肘関節3次元動作解析を行った。瞬間回転軸は外側では屈曲するに従い前下方へ偏移していたが、内側では内上顆の前下方に収束していた。この位置はMCLの近位付着部と一致し、内側ではMCLの前斜走線維のisometricな制動効果を示唆するものと考えられた。

1. 関節リウマチにおける非拘束式人工肘
関節置換術の成績と適応の検討

A. 研究目的

人工肘関節置換術(以下 TEA)は、関節リウマチにおける肘関節障害の再建方法として有効であることは広く認識されている。しかし肘関節破壊の各段階において、どのような形式の人工関節を適応するかについては未だ一定の見解を見ない。

現在使用されている TEA 機種は、半拘束式と非拘束式の2形式に大別される。半拘束式 TEAは関節部分での安定性に優れるが、骨—プロステシス間のストレスが大きく長期ではゆるみが生じやすいと考えられている。半拘束式 TEA では一般的に骨切除量が多いために、

一旦ゆるみが起きたときの再置換術は、技術的に極めて困難である。一方、非拘束式 TEA は関節部分での安定性に若干の問題があるが、骨—プロステシス間のストレスが小さく、ゆるみを起こしにくいと考えられる。また、手術での骨切除が少なくすむので万一ゆるみが起こった場合の最置換術にも対応しやすい。そのため関節リウマチにおける肘関節障害に対しては、出来る限り非拘束 TEA を適応していくべきであると考えられるが、その適応の限界については十分な知見が得られていない。また、非拘束型 TEA でも、表面置換に近いコンセプトの機種と、ステムによる上腕骨髄内での固定性を重視する機種があり、それらの適応に関しても十分な検証がなされていない。

本研究の目的は、現在使用されている非拘束式 TEA の成績と適応の限界を明らかにし、今後新たな TEA の開発コンセプトを決定するための基礎データを構築することである。

B. 研究方法

非拘束式 TEA である大阪大学式人工肘関節置換術を対象として後ろ向き臨床研究を行った。大阪大学式 TEA は比較的短いステムを持ち、主に上腕骨顆部での固定性を重視したショートステムと、ある程度の骨欠損に対応できるようにステムの固定性を重視したスタンダードステムの2種類の上腕骨コンポーネントが用意されている。1997年から2000年にかけて大阪大学式 TEA を受けた関節リウマチ患者53例、64肘を対象とした。内訳は男性5例、女性48例、手術時年齢35-74歳、平均56歳である。越智の病型分類では MES 52例、MUD2例、Larsen のレントゲン分類では Grade III 26肘、Grade IV 31肘、Grade V 7肘である。術後追跡期間は36-62ヶ月、平均47ヶ月である。

臨床評価には日本整形外科学会肘関節機能評価(JOA score)を用いて、疼痛、可動域、ADL 機能、筋力、安定性を最終調査時に評価した。

レントゲン学的評価は術後6ヶ月ごとと最終調査時に行った。インプラント周囲の透瞭像とインプラントの位置変化を分析した。動態側面像で明かにインプラントに動きがあるときはゆるみと判断した。

また、術中に上腕骨遠位部の骨欠損の程度を、面取りが可であるものと不可であるものに分類し、2者間で成績を比較した。可は上腕骨小頭および滑車の前面か遠位面の骨吸収が軽度であり、骨切を行った際の面取り

が可能で上腕骨コンポーネントと上腕骨顆部でのプレスフィットが可能な症例である。不可はいずれかの部位で骨吸収が強く面取り不能で、コンポーネントと上腕骨顆部でのプレスフィットが不十分であった症例である。

C. 研究結果

JOA score は全体で術前平均 46 点が術後平均 73 点へと有意に改善した。項目別では疼痛、屈曲、回内外可動域など伸展可動域以外の項目すべてで術後有意な改善を認めた。

上腕骨顆部骨切での面取りが可能であった38関節(59%)では全例ショートステム上腕骨コンポーネントでの置換を行った。面取り不可であった26関節(41%)では11関節に自家骨移植を併用したショートステム上腕骨コンポーネントを、15関節に自家骨移植あるいは骨セメントを併用したスタンダードステム上腕骨コンポーネントによる置換を行った。レントゲン学的評価では、上腕骨コンポーネントにステム周囲の1mm以内の骨透瞭像が13関節(20.3%、ショートステム12関節、スタンダードステム1関節)に認められた。透瞭像は術後24ヶ月以内に出現したが、動態撮影でインプラントの動きはなく、最近12ヶ月で透瞭像の進行は認めなかった。ゆるみは4関節(6.3%)に発生し、すべて上腕骨遠位骨切で面取りが出来なかった肘にショートステム上腕骨コンポーネントを設置した症例であった。面取り可の症例でショートステム上腕骨コンポーネントを用いた症例や面取り不可でもスタンダードステム上腕骨コンポーネントを用いた症例ではゆるみは生じなかった。一方、尺骨コンポーネントには追跡期間を通じて変化を認めなかった。

D. 考察

上腕骨顆部の固定性を重視したショートステム上腕骨コンポーネントでは、顆部に骨欠損のある症例で高率にゆるみを生じた。関節リウマチにおける骨欠損の大きな肘関節破壊においては顆部での人工関節の固定性に限界があることがわかった。一方、スタンダードステム上腕骨コンポーネントでは良好な中期成績が得られた。

E. 結論

以上より、大きな骨欠損を伴うリウマチ肘関節をターゲットとした人工肘関節のデザインを考える上で、上腕骨コンポーネントのステムデザインが重要と考えられる。顆部骨欠損部を骨移植、骨補填剤で補う一方で、固定性を高めたステムを持つ上腕骨コンポーネントを開発する必要性がある。

2. 正常肘関節における3次元キネマティック研究

A. 研究目的

関節リウマチの人工肘関節のデザインを考える上で、正常肘関節の正確な3次元動態を知ることは必須である。しかし、これまで肘関節のキネマティクスは主に新鮮屍体標本を用いた *in vitro* 実験によって研究されてきており、生体を用いた肘関節の3次元キネマティクス研究の報告はない。われわれは独自に開発したコンピューターソフトウェアプログラムを用いて、2次元MRI画像から生体の関節の3次元キネマティクスを非侵襲的に解析するシステムを開発し、上腕尺骨関節および近位橈尺関節における *in vivo* 3次元キネマティクスを調査したので報告する。

B. 研究方法

対象は健常者4名(男1名、女3名、平均年齢43.0歳)の4肘関節(右3、左1)である。1.5T MRIを用い、上腕尺骨関節においては、前腕回内外中間位で肘関節屈曲0°、45°、90°、135°の4ポジションで、近位橈尺関節においては肘関節90度屈曲位にて最大回外位、回外30°、0°、回内30°、最大回内位の5ポジションでそれぞれMRI撮影した。撮影時には肘関節および手関節を任意の角度に固定でき特製装置を用いた。得られた2次元MRI画像データから専用ソフトウェアを用いて上腕骨、尺骨、橈骨の骨髄領域のみを抽出し、多値Marching cubes法によりそれぞれの3次元骨髄表面モデルを作成した。異なる肢位での骨モデルをautomaticにmatchingさせることによって、上腕尺骨関節においては尺骨の上腕骨に対する動きを、近位橈尺関節においては橈骨の尺骨に対する動きを測定した。キネマティクスの解析には、隣り合う2肢位間での瞬間回転軸を用いた。

C. 研究結果

上腕尺骨関節

上腕骨をマッチングさせ各屈曲角度における瞬間的な回転軸を合成すると、肘関節屈伸運動は、一軸性の回転運動ではなく、屈曲に伴い回転軸の移動を認めた。各ポジションでの回転軸の偏移をみると外側でその偏移は大きく、内側では小さいことがわかった。回転軸は外側では屈曲するに従い前下方へ偏移していたが、内側では内上顆の前下方に収束していた。この位置はMCLの近位付着部と一致すると考えられた。

近位橈尺関節

図4は回内回外運動における橈尺骨の動きである。平均回転軸は橈骨頭中心から尺骨頭の fovea に向かって通っていた。回内回外運動における瞬間回転軸はすべて橈骨頭中心部に収束しており回転軸の偏移はほとんど無いものと考えられた。

D. 考察

肘関節における上腕尺骨関節は生体の関節の中で最も完全な蝶番関節に近い関節であるとされており、その回転軸は滑車の中心を通るとされている。肘関節の回転軸については、これまでも多くの報告があるが、ほとんどにおいて新鮮屍体を使った *in vitro* 実験で、生体と異なり生理的な筋緊張がないためその方法には限界があった。今回われわれは非侵襲的 *in vivo* キネマティクス解析システムを開発し、マーカーを骨に装着することなく、MR1 画像のみで各骨要素を抽出し、生体肘関節3次元キネマティクスを調査する事に成功した。その結果、上腕尺骨関節における瞬間回転軸は外側では屈曲するに従い前下方へ偏移していたが、内側では内上顆の前下方に収束していた。この位置は MCL の近位付着部と一致し、内側では MCL の前斜走線維の isometric な制動効果を示唆するものと考えられる。逆に外側では、isometric point がないことを示唆しており、これは、解剖学的に外側側副靭帯複合体に MCL の前斜走線維の様な明らかな靭帯構造が無いという結果に一致する。また、近位橈尺関節における橈尺骨のキネマティクスに関しては、回内回外運動における瞬間回転軸はすべて橈骨頭中心部に収束しており

回転軸の偏移はほとんど無いものと考えられた。

E. 結論

このデータと病的なキネマティクスと比較することにより、関節リウマチの肘関節障害などの病態を解明できる可能性がある。さらに新しい人工肘関節の設計にも参考になる情報が得られた。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

1. Murase T, Moritomo H, Yosikawa H. Palmar dislocation of the metacarpophalangeal joint of the finger. *J Hand Surg* 29B:90-93, 2004.
2. Moritomo H, Murase T, Goto A, Oka K, Sugamoto K, Yoshikawa H. Capitate-based kinematics of the midcarpal joint during wrist radioulnar deviation: an *in vivo* three-dimensional motion analysis. *J Hand Surg* 29A: 668-675, 2004.
3. Goto A, Moritomo H, Murase T, Oka K, Sugamoto K, Arimura T, Nakajima Y, Yamazaki T, Sato Y, Tamura S, Yoshikawa H, Ochi T. *In vivo* elbow biomechanical analysis during flexion: three-dimensional motion analysis using magnetic resonance imaging. *J Shoulder Elbow Surg* 13: 441-447, 2004.
4. Murase T, Moritomo H, MD, Goto A, Sugamoto K, Yoshikawa H. Does 3D Computer Simulation Improve Results of Scaphoid Nonunion Surgery? *Clinical Orthop.*

in press.

5. Moritomo H, Murase T, Goto A, Oka K, Sugamoto K, Yoshikawa H. Capitate-based kinematics of the midcarpal joint during wrist radioulnar deviation: An in vivo 3-dimensional motion analysis. Journal of Hand Surgery [Am]. in press.

6. Oka K, Murase T, Moritomo H, MD, Goto A, Sugamoto K, Yoshikawa H. Patterns of bone-defect in scaphoid nonunion: a 3-dimensional and quantitative analysis. Journal of Hand Surgery [Am]. in press.

2. 学会発表

1. Goto A, Moritomo H, Murase T, Sugamoto K, Yoshikawa H, Nakajima Y, Tamura S, Arimura T. In vivo three-dimensional wrist kinematics: using volume-based registration. 50th annual meeting of ORS, 2004. 3, San Francisco.

2. Murase T, Moritomo H, Goto A, Oka K, Sugamoto K, Yoshikawa H. The use of a 3D computer-designed sterelithography model as an intraoperative guide for scaphoid non-union surgery. 9th congress of IFSSH. 2004. 6, Budapest.

3. Murase T, Moritomo H, Goto A, Oka K, Yamamoto K, Denno K, Sugamoto K, Yoshikawa H. 3D computer simulation surgery for scaphoid nonunions. 5th congress of APFSSH. 2004. 11, Osaka.

4. Moritomo H, Goto A, Murase T, Sato Y, Yoshikawa H. In vivo, 3 dimensional kinematics study of the midcarpal joint. 5th congress of APFSSH. 2004. 11, Osaka.

5. Moritomo H, Murase T, Goto A, Oka K.

Pathological kinematics in scaphoid nonunion. 59th meeting of ASSH. 2004. 9, New York.

6. Murase T, Moritomo H, Goto A, Oka K. 3D computer simulation surgery for scaphoid nonunions. 59th meeting of ASSH. 2004. 9, New York.

H. 知的財産権の出願・登録状況
特になし

関節リウマチ上肢人工関節開発に関する研究

・新しい人工手関節の開発・

分担研究者 石川淳一 北海道大学病院整形外科助手

研究協力者 岩崎倫政 北海道大学病院整形外科講師

研究要旨：これまでの主に欧米にて使用されている人工手関節の長期成績について検討し、その問題点を明らかにした。いずれの機種においても最も大きな問題点は遠位側のゆるみによるコンポーネントの破損と周囲軟部組織の拘縮による手関節の掌尺屈変形および掌側への脱臼であった。以上の問題点を解決し、長期に安定した成績を獲得するためにはより生理的な手関節運動をもたらす摺動面のデザインにより遠位コンポーネントと骨の間に加わるストレスを減少させることが重要であると考えられた。

A. 研究目的

1967年にSwansonがRA手関節に対して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。1970年代後半より全人工関節として様々な機種が主に欧米にて開発、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未だ存在しない。本邦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。除痛は得られるものの固定術による可動域消失はADL多大な障害をもたらす。本研究の最終目的は長期使用に耐えうる独自の人工関節の開発であるが、今回まず初めにこれまで報告された欧米の機種による人工手関節の成績を文献的に調査し、その問題点を明らかにした。

B. 研究方法

これまで欧米にて報告された種々の人工手関節の成績報告のうち、4年以上の経過観察を行っているものを対象とした。使用された機種としてはMeuli (MWPⅢ)、Volz(Howmedica, New Jersey)、Trispherical(New York, USA)、Biaxial(Depuy, USA)、Menon(KMI, San Diego, CA)、RWS(Howmedica, Neitherland)、Guepar (Paris, France)の7機種である。関節面の形状をもとに3群に分類した
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は楕円形(ellipsoidal)の関節面をもつ非拘束型である。各機種におけるfailure rateとその

原因、コンポーネントのゆるみの部位とその頻度、muscle imbalance の頻度について検討した。

C. 研究結果

Failure rate は Meuli:10/38=26%, Volz:11/61=18%, Trispherical:5/87=6%, 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でのゆるみが29例53%と圧倒的に多かった。コンポーネントのゆるみは手根骨側で高率に発生しており、橈骨側では極めて少なかった。手根骨側のゆるみは 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%であった。Trisphericalは少なかったが半拘束型、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15例、4%に認めた。

D. 考察

いずれの機種においても長期での Failure Rate は高く、手根骨側のコンポーネントのゆる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が原因であった。これまでの人工手関節の解決すべき問題点としてはインプラント設置後のアライメント、コンポーネントの固定、軟部組織のバランスの3つが挙げられる。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より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 offset を設けており、

回転中心が正常手関節に近くなるようにデザインされている。しかし、手根骨側でのゆる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方向が非生理的であり、手根骨インプラントと骨の間に異常なストレスが働くためと考えられる。我々は以前、正常手関節の運動解析において矢状面での伸展、屈曲より Dart thrower(投げ矢)面での伸展、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ストレスが少ないことを報告している。人工関節面のデザインとして、この Dart thrower 面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と考えられる。さらに軟部組織のバランスの問題として、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ともなっている。最も重要な手関節伸筋腱である橈側手根伸筋腱は第2および第3中手骨に付着し、手関節の橈背側に位置している。Dart thrower 面での手関節伸展は手関節伸筋腱のレバーアームの観点からも極めて有効な運動であり、掌尺屈変形の防止につながると思われる。

E. 結論

これまで欧米で用いられてきた人工手関節の長期成績は満足すべきものではなかった。原因としては手根骨側での高率のゆるみの発生であると考えられた。非生理的な手関節運動と軟部組織の imbalance がゆるみの主因と考えられた。新たな人工関節としてより生理的な Dart thrower 運動を誘導する関節面のデザインがこれらの問題を解決する一助となる可能性が示唆された。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

1. 石川淳一ほか：RA 手関節の手術.整形・災害外科 47,733-40, 2004.

H. 知的財産権の出願・登録状況

特になし

その他：Dart thrower 運動を誘導する関節面のデザインに対して特許申請予定である。

研究成果の刊行に関する一覧表

書籍

著書氏名	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
石倉久光、 石川淳一、 三浪明男	Madelung 変 形、スワンネ ック変形、ポ タン穴変形、 mallet finger	岩本幸英	神中整形外 科学改訂(2 2版)	南江堂	東京	2004	670 . 678
末永直樹、 三浪明男	変形性肘関 節症に対す る Extensive debridement arthroplasty	落合直之	新 OS new 23:手関 節と肘関節- 手術療法は どこまで進ん だか	メジカル ビュー社	東京	2004	149 . 156

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
石川淳一、三浪明 男、岩崎倫政	RA 手関節の手術	整・災外	47	733-740	2004
山根慎太郎、三浪明 男、石川淳一、吉岡 千佳、末永直樹	腱板滑液包面不全断 裂の MRI 像-腱板肥 厚像についての検討-	肩関節	28	237-240	2004
吉岡千佳、石川淳 一、山根慎太郎、三 浪明男、末永直樹	拘縮肩に対する Shoulder mobilizer の 有用性	肩関節	28	381-384	2004
船越忠直、末永直 樹、三浪明男、大泉 尚美、山根慎太郎、 近藤真、加藤貞利、 三浪三千男、松野誠 夫	生体吸収性材料を用 いた肩腱板の再生に 関する実験的研究- 第二報-	肩関節	28	423-426	2004

松橋智弥、末永直樹、大泉尚美、吉岡千佳、木村長三、三浪明男	化膿性肩関節炎に対する肩関節鏡視下デブリドマンと持続洗浄法	肩関節	28	645-649	2004
Niikura, K., Osuga, N., Nagahori, N., Sadamoto, R., Shiono, M., Iwasaki, N., Monde, K., Minami, A. and Nishimura, S	Fluorescent glyconanoparticles as a sensitive device to monitor sugar-involving molecularevents.	Polymer Journal	36	209-218	2004
Watanabe, T., Suenaga, N., and Minami, A	Extra-abdominal desmoid around the shoulder joint. One of the different diagnoses of frozen shoulder.	J Shoulder Elbow Surg	13	90-94	2004
Oizumi, N., Suenaga, N., and Minami, A	Snapping scapula caused by abdominal angulation of the superior angle of the scapule	J Shoulder Elbow Surg	13	115-118	2004
Masuko, T., Kato, H., Minami, A., Inoue, M., and Hirayama, T	Surgical treatment of acute elbow flexion contracture in patients with congenital proximal radioulnar synostosis. A report of two cases.	J Bone Joint Surg[Am]	86	1528 1533	2004
. Yamane, S., Iwasaki, N., Majima, T., Funakoshi, T., Masuko, T., Harada, K., Minami, A., Monde, K., and Nishimura, S	Feasibility of chitosan-based hyaluronic acid hybrid biomaterial for a novel scaffold in cartilage tissue engineering.	Biomaterials	26	611-619	2004

Iwasaki, N., Yamane, S., Majima, T., Kasahara, Y., Minami, A., Harada, K., Nonaka, S., Maekawa, N., Tamura, H., Tokura, S., Shiono, M., Monde, K., and Nishimura, S	Feasibility of polysaccharide hybrid materials for scaffolds in cartilage tissue engineering. Evaluation of chondrocyte adhesion to polyion complex fibers prepared from alginate and chitosan.	Biomacromolecules	10	828-833	2004
加藤博之, 藤本理 代, 岩崎倫政, 三 浪明男, 三浪三千 男	当科における関節リ ウマチ肘に対する工 藤式 (type-5) 人工 肘関節の治療成績	日本肘関節学会 誌	11	5-6	2004
Murase T, Moritomo H, Yosikawa H.	Palmar dislocation of the metacarpo- phalangeal joint of the finger.	J Hand Surg	29B	90-93	2004
Moritomo H, Murase T, Goto A, Oka K, Sugamoto K, Yoshikawa H.	Capitate-based kinematics of the midcarpal joint during wrist radioulnar deviation: an in vivo three-dimensional motion analysis.	J Hand Surg	29A	668-675	2004
Goto A, Moritomo H, Murase T, Oka K, Sugamoto K, Arimura T, Nakajima Y, Yamazaki T, Sato Y, Tamura S, Yoshikawa H, Ochi T.	In vivo elbow biomechanical analysis during flexion: three-dimensional motion analysis using magnetic resonance imaging.	J Shoulder Elbow Surg	13	441-447	2004

三浪明男、 小野寺伸	関節リウマチの病態 におけるマクロファ ージ遊走阻止因子 (MIF)の役割および 治療標的因子として の可能性に関する研 究	(財)大和証券へ ルス財団 研究業 績集	28	1・6	2005
---------------	--	----------------------------	----	-----	------

拘縮と軸偏位を呈してくる。治療によりその進行を止めることはできず、最終的に変形を残す。

背側の皮膚は関節の両端の骨隆起に一致して薄くなり、光沢を帯びて隆起する。20~30%にゼラチン様の内容物を入れた透光性の嚢胞を形成する (mucous cyst)。cyst が増大してくると皮膚を穿孔することがあり、cyst は関節内に通じているため、DIP 関節の化膿性関節炎を発症する危険がある。

c X線所見

関節裂隙の狭小化、びらん、骨棘形成がみられる。

d 治療

数カ月から数年で症状は固定し、疼痛はなくなることを念頭におき、治療する。

通常、消炎鎮痛剤の投与、外用薬を対症的に用いるが、薬物療法で疼痛が抑えられない場合など骨棘切除が考慮される。DIP 関節の脱臼、亜脱臼により疼痛を伴う不安定性をきたした場合、また、美容上、患者が醜形を苦にする場合など関節固定術が適応となる。mucous cyst をおおっている皮膚が薄い場合には感染の危険が高いため、切除術が行われる。cyst 切除後に皮膚欠損を生じるとき、全層植皮を行う。

K. 手の変形および指関節変形

1 Madelung 変形

a 概念および疫学

Madelung 変形は Madelung が 1878 年、X 線が発見される前に、特に明らかな原因がなく手関節の亜脱臼を呈する疾患について報告した。その後、1927 年、Leri と Weill が手関節に発生した家族性の同様の変形について記載し、“dyschondrosteosis” (軟骨異形成症) と命名した。この疾患は女性に多く発生し、家族性のものは橈骨の低形成や mesomeric dwarfism を合併していることがしばしばみられる。

b 病態

Madelung 変形は橈骨遠位端の掌尺側の成長障害により橈骨の短縮および橈骨遠位関節面に掌尺側への傾斜が生じる変形である。尺骨遠位端はほぼ正常に発育するために著明な尺骨 plus variance を示す。また橈骨関節面の傾斜により手根骨は正常の配列を失い、ピラミッド状配列となる。

Madelung 変形は骨性と軟部組織性の異常が原因となっている。軟骨異形成症と呼ばれる骨性障害は組織学的には軟骨無形成症と類似している異形成症である。病態のもう 1 つの要素として橈骨月状骨靭帯の異常な短縮も考えられている。

c 診断

患者の来院目的は疼痛、変形および遺伝相談の 3 つである。疼痛がどうして発生するかについては明らかではないが、手根骨が橈骨の尺側へ傾き、結果として尺骨頭との間に形成される“谷”にはまり込んだことにより、橈骨手根関節、遠位橈尺関節に起因する疼痛ではないかと考えられる。

手関節の尺骨遠位端は背側に突出しており、主に手関節の背屈、回外制限を認め、日常生活動作上の不自由を訴えることが多い。

Dannenbergl は Madelung 変形の特徴的な X 線学的所見は、(a) 橈骨関節面の尺側への傾斜の増強、(b) 橈骨の短縮、(c) 橈骨の尺側への彎曲、(d) 遠位橈骨尺側の骨透亮像、(e) 尺骨遠位端背側亜脱臼、(f)

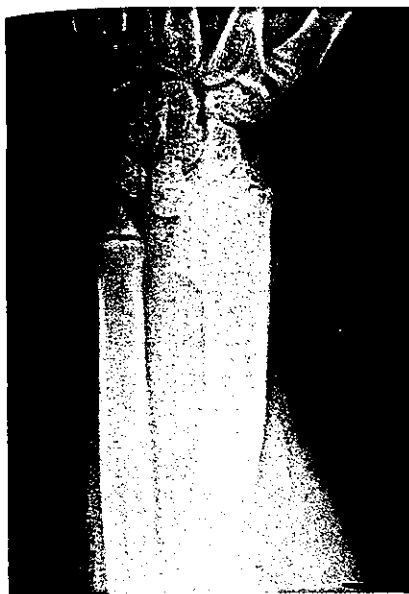


図 6-239 Madelung 変形
(正面 X 線写真)

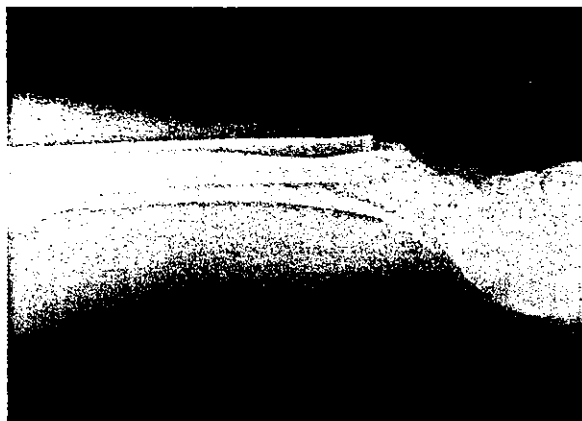


図 6-240 Madelung 変形 (側面 X 線写真)

手根骨のピラミッド変形と配列の 6 つとしている (図 6-239, 240).

手術適応

尺骨の突き上げによる手関節尺側部痛, 回外制限を有する症例, あるいは尺骨遠位端の亜脱臼による手指伸筋腱の皮下断裂の予防のためには尺骨の短縮術は多くの症例に適応があると考えている. 尺骨骨切り術のみを行う症例では尺骨 zero variance になるように骨切り量を決定する.

橈骨手根骨間での疼痛あるいは手根骨のピラミッド状配列による二次性の関節症変化が予想される症例では, 橈骨の矯正骨切り術の適応も考えられる. 橈骨の短縮が著しい症例では腕橈関節の不適合に由来する肘関節の不安定症を認める場合があり, 若年齢者に二期的に橈骨の骨切り延長術が適応と考えられる.

橈骨傾斜角が 30° となるように楔開き骨切り術 (open wedge osteotomy) を計画する. 橈骨関節面は掌側に谷状に傾斜しており, しばしば背側と掌側の橈骨傾斜角は一致しない. このような症例では正面断層 X 線写真も参考に骨切り角を決定する. また橈骨の内捻変形を含めた三次元的な変形もみられ, 正確な側面像の撮影が困難であるため, 三次元 CT 像の評価と合わせ, 側面断層 X 線写真における手根骨の側面に対する橈骨関節面の傾斜を参考に掌側傾斜角の矯正角を決定する. 橈骨の楔開き骨切り術を行うことにより橈骨が延長されるので, 橈骨の骨切りの作図を行ったうえで尺骨短縮術の骨切り量を定める.

治療

橈骨矯正骨切り術の適応や効果については議論の分かれるところである. 骨切り術は手関節の形態の改善には役だが, 機能的な獲得は小さい. 骨切り術は橈骨の掌側・尺側偏位, 内旋, 不適合, 橈尺骨の長さなどすべての矯正を要するきわめて難しい手術である.

1) 手術的治療

まだ成長を残している場合は楔開き骨切り術が好んで行われる. 楔開き骨切り術は橈骨遠位端で月状骨窩を背側・橈側方向に持ち上げるように骨切り術を行い, 楔状移植骨を挿入して橈骨遠位端の変形を矯正する. この際に掌側に存在する橈骨手根靭帯 (主に橈骨月状骨靭帯) の切離・切除を行うことが重要である. さらに橈骨遠位 1/3 部での骨切りにより橈骨の尺側方向への彎曲の矯正を行い, プ

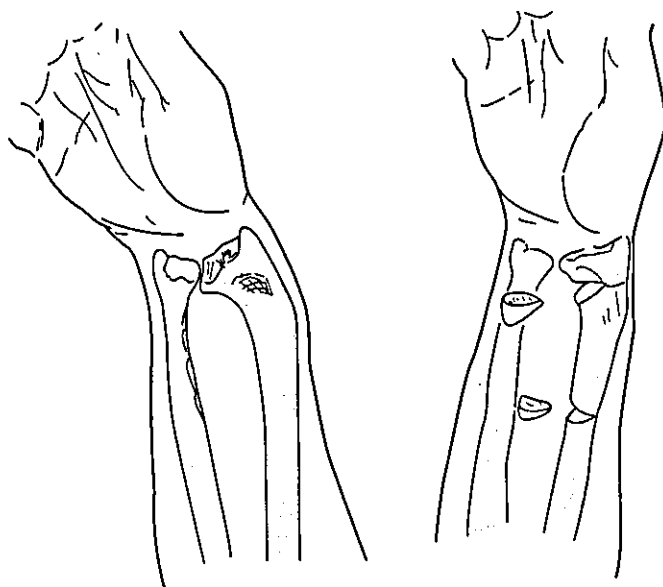


図 6-241 橈骨矯正楔開き骨切り術

プレートで固定する (図 6-241)。

成長期前での治療では橈骨成長帯での成長帯剝離術 (Physiolysis) や橈骨月状骨靭帯のみの切除・切除も有効であるとの報告もある。

成長帯閉鎖後で手関節の疼痛や可動域制限を呈した患者には、いくつかの手術方法がすすめられている。橈骨と手根骨の関係、橈骨と尺骨の関係はすでに破綻をきたしていることから、尺骨短縮術や尺骨頭切除術が適応とされることが多い。Mayo Clinic における 11 例の Madelung 変形に対する橈骨の二面的な矯正楔開き骨切り術の成績が報告されている。3 例は尺骨短縮術を合併して行った。その結果、手関節、前腕の可動域制限なしに全例において疼痛の軽減が得られたと報告している。しかし、遠位橈尺関節の整復は改善したが、完全な整復は得られていない。

Madelung 変形の治療の基本は橈骨遠位端で二面的な骨切りにより月状骨窩の関節面を矯正して遠位橈尺関節の整復を行うということである。Madelung 変形は橈骨遠位端の成長帯をおかす進行性疾患である。早期に発見した有痛性の患者においては成長帯剝離術を強くすすめる報告もある。陳旧化した Madelung 変形では遠位橈尺関節の不適合と手根骨のピラミッド配列変形の矯正が外科的治療を行ううえでの重要なものである。確立した変形に対する橈骨の矯正骨切り術は前腕の長さを回復させ、橈骨手根関節と遠位橈尺関節における疼痛を軽減させる効果はあるが、正常な手関節に回復させる効果はない。MRI などで早期に診断して、成長帯剝離術を行うことも今後考えるべきかもしれない。

2 指関節の典型的変形

指の運動は指伸筋、指屈筋、骨間筋、虫様筋の巧みな筋力バランスのうえに成り立っている。このバランスが崩れると正常な運動は阻害され、容易に変形、拘縮を引き起こす。

【1】 スワンネック変形 (swan-neck deformity)

a 概 念

PIP 関節が過伸展し、DIP 関節が屈曲している変形で、指が白鳥の頸に似た変形となるため、この

名がついている。

病因および病理

原因としては、手内筋の拘縮、PIP 関節における伸筋腱と屈筋腱とのバランス異常、PIP 関節の不安定症などがある。

骨間筋、虫様筋の拘縮は、関節リウマチ、手の痙性麻痺などにより引き起こされる。拘縮により、MP 関節には屈曲力が、PIP 関節には伸展力が働く。MP 関節が屈曲してくると、指伸筋の PIP 関節を伸展させる力が強まってくる。こうして PIP 関節は過伸展し、PIP 関節の回転軸より掌側にあった側索が背側へと移動してくる。また、PIP 関節過伸展により深指屈筋腱の緊張が高まり、DIP 関節は屈曲位をとることとなる (図 6-242)。

外傷、手術により浅指屈筋腱が断裂すると、相対的に PIP 関節の伸展力は強くなり、次第に PIP 関節は過伸展位をとり、側索が PIP 関節回転軸の背側に移動し、スワンネック変形を呈してくる。また、関節リウマチなどで MP 関節に屈曲拘縮があると、指伸筋は中央索を介して常に PIP 関節に伸展力がかかり、過伸展の原因となる。

PIP 関節の不安定症は、掌側板の外傷性および先天性の弛緩、斜支靭帯の損傷などで起こり、PIP 関節の伸展制御が障害され、スワンネック変形を呈してくる。

治療

Nalebuff により病期分類がなされているが、その分類に応じた治療法を述べる (表 6-11)。

a) type I : どの肢位でも PIP 関節に屈曲制限のないもの : このタイプは通常、MP 関節の異常はなく、DIP もしくは PIP 関節に問題があり、変形をきたしたものである。治療としては PIP 関節過伸展の予防もしくは修復、DIP 関節屈曲の矯正である。silver ring splint は動きを妨げず PIP 関節過伸展を矯正する保存療法である (Nalebuff : 1980)。手術治療は、DIP 関節固定術、PIP 関節掌側の皮膚の縫縮術、PIP 関節の腱固定術、斜支靭帯の再建術などがある。

DIP 関節固定術は、特に槌指変形がスワンネック変形の原因となったものに有効である。Kirschner 鋼線や Herbert スクリューなどを用いて固定する。

皮膚の縫縮術は、PIP 関節掌側の皮膚を縫い縮め、PIP 関節過伸展を防ぐが、この方法は通常、程度の軽いものや DIP 関節固定術に併用して行われるものであり、矯正力は小さい。

PIP 関節過伸展が進行し、屈曲動作の始動が困難になってくるとより強い関節の掌側支持が必要となり、Curtis らの屈筋腱固定術 (sublimis sling) が行われる。

Little らの示した斜支靭帯再建術は DIP 関節と PIP 関節の問題を同時に解決させる術式である。しかし、槌指変形に引き起こされたスワンネック変形の関節リウマチの症例では終止伸腱が破壊されており、PIP 関節過伸展の矯正のみとなってしまう。改良法として Thompson らの spiral oblique retinacular ligament 再建術がある (図 6-243)。

b) type II : MP 関節伸展または橈屈位で PIP 関節屈曲制限がみられるもの : このタイプは MP 関節が偏位して亜脱臼し、手内筋が拘縮してくると、二次的にスワンネック変形となってくるものである。初めは柔軟だが、次第に手内筋が拘縮し、MP 関節の伸展時に PIP 関節の屈曲障害がみられるようになる。そして、ついには MP 関節の肢位に

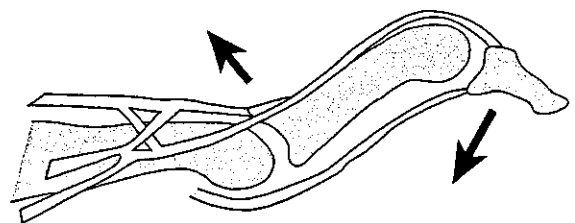


図 6-242 ① 手内筋の拘縮、MP 関節の屈曲拘縮、屈筋腱腱鞘炎などで指伸筋が強く働き、PIP 関節を過屈曲させる。② 側索が背側に移動し、DIP 関節への伸展力が弱まる。③ PIP 関節過伸展により FDS が緊張し、DIP 関節が屈曲する。

表 6-11 TREATMENT OPTIONS FOR SWANNECK DEFORMITY IN FINGERS

Type	MP Joint	PIP Joint	DIP joint
I		Dermadesis FDS sling Little ORL reconstruction	Fusion
II	Intrinsic release	As for Type I	As for Type I
III	As for Type I, plus : MP joint reconstruction, as needed	As for Type II, plus : PIP joint manipulation Skin release Lateral band mobilization Check flexor tendons	As for Type II
IV	As for Type III	As for Type III, plus : Arthroplasty Fusion	As for Type III

MP=metacarpophalangeal ; PIP=proximal interphalangeal ; DIP=distal interphalangeal ; FDS=flexor digitorum sublimis ; ORL=oblique retinacular ligament. (Green DP et al. : Green's Operative Hand Surgery 4th ed : 1706, Churchill Livingstone, 1999)

関係なく PIP 関節が硬くなる。このタイプでは PIP 関節の過伸展を制限するだけでは不十分で手内筋の拘縮をとり、MP 関節の偏位、亜脱臼などを治さなければならない。MP 関節の破壊が強くないものには、MP 関節の整復と手内筋の解離術が行われ、MP 関節の破壊が強いものには MP 関節形成術なども併用される。

c) type III : MP 関節の肢位に関係なく PIP 関節の屈曲制限があるもの : このタイプでは PIP 関節の運動が大きく障害され、つかみ動作のような手の機能が大きく障害される。可動域を制限しているもの

のは、指伸展機構、側副靭帯、そして皮膚である。初めに施行すべき治療は、PIP 関節可動域の回復である。方法として関節 manipulation、側索授動術などがある。変形の矯正は可動域が得られてから行う。

関節拘縮を起こしている症例でも麻酔下で愛護的な manipulation により PIP 関節屈曲 80° から 90° の可動域が得られる。PIP 関節 manipulation はたいてい手内筋解離や MP 関節形成術や屈筋腱鞘切除とともに行われる。術後、過伸展を防止し、屈曲を保つよう装具や鋼線固定が行われる。

変形が長い期間続いたものに manipulation を行うとき可動域が背側の皮膚で制限され、その皮膚が白くなることがある。これをそのままにしておくと関節部で皮膚が壊死してしまうので、PIP 関節のすぐ遠位で皮膚解離を行う。このとき屈曲位で皮膚欠損ができて十分な皮膚が再生されるため、皮膚移植は必要ない。

manipulation で注意することは、この手技は軟部組織を伸張させる手技であって断裂させるものではない。また、骨折を決して起こしてはならない。manipulation が困難なとき、無理に行わず、側索授動術のような軟部組織解離が勧められる。

スワンネック変形では側索は背側に偏位しており、正常な掌側移動は失われ、指は固くなっている。

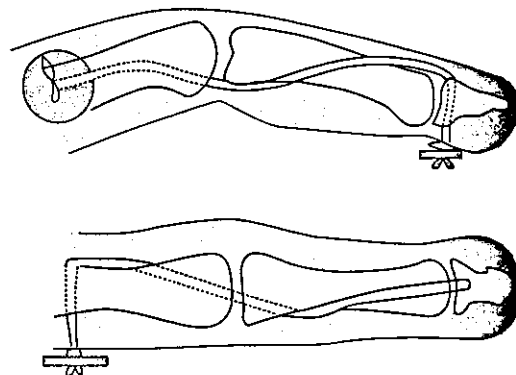


図 6-243 螺旋状余波靭帯再建術 (spiral oblique retinacular ligament 再建術)

中央索より側索をはがし、掌側に戻すことにより、靭帯を解離せず、中央索を延長しなくても manipulation により完全屈曲ができることがある。

屈筋腱鞘炎と二次的な屈筋腱の癒着は PIP 関節拘縮の大きな原因となり、適切な治療をするうえで理解しておかなければならない。自動屈曲を制限する屈筋腱鞘炎は PIP 関節拘縮になってしまうことがある。反対に PIP 関節拘縮が屈筋腱癒着をつくることがある。どちらにしても屈筋腱鞘切除や腱剝離術はどんな治療をするうえでも考慮に入れなければならない。伸展機構や関節周囲の軟部組織を処置しても、このために可動域が得られないことがあるので注意が必要である。

d) type IV : 骨性的変化がある PIP 関節拘縮 : このタイプでは関節固定術か関節形成術が必要となってくる。これらの術式を決めるうえで、隣接関節の状態、支持靭帯の状態、そして屈筋腱の状態を考慮に入れなければならない。側副靭帯の支持が乏しく、屈筋腱が断裂しているものは固定術の相対的適応となる (Granowitz ; 1966)。固定角度は環指、小指で屈曲が一番大きく、示指が一番小さくするとつかみ動作が容易となる。女性では美容上の問題から屈曲角度を小さく希望する人もいる。術前に患者とよく相談しておくのが重要である。

隣接関節、軟部組織、そして腱が良好な状態なら関節形成術の適応となる。特に把握の回復が必要なときは環指、小指で行うことが多い。インプラントとして Swanson のものが一般的である。しかし、本法では中等度以上の変形では成績不良例が多いとの報告 (Adamson et al ; 1994) もあり、適応に注意を要する。

[2] ボタン穴変形 (boutonnière deformity)

a 概念

PIP 関節屈曲、DIP 関節過伸展の変形が生じたものである。PIP 関節の屈曲が続くと 2 本の側索 (lateral band) の間からボタンがボタン穴から出てくるように、基節骨骨頭が現れるため、この名がついている。

b 病因および病理

手指 PIP 関節の背側で中央索 (central band) が外傷により断裂したり、関節リウマチなどによる滑膜炎で関節が腫脹し、伸長することにより PIP 関節が屈曲位をとり、両側の側索が PIP 関節の軸よりも掌側に偏位して、DIP 関節過伸展の変形が生じる (図 6-244)。さらに、側索が PIP 関節の軸よりも掌側に偏位することにより、深指屈筋腱や浅指屈筋腱のみならず側索までも PIP 関節の屈曲を助長するように働くこととなる。陳旧化すると背側の横支靭帯 (transverse retinacular ligament) の線維が伸長し、掌側の横支靭帯の線維や斜支靭帯 (oblique retinacular ligament) の短縮が生じたり、側副靭帯や掌側板の拘縮により関節の拘縮も生じ、矯正不能となる。

c 治療

ボタン穴変形の治療は、その病期により異なる。病期は一般的に 3 段階に分けて考えると、治療を考えるうえで有用である。第 1 段階は、動的アンバランス (側索が掌側に亜脱臼しているものの、癒着や掌側の横支靭帯線維の短縮がなく矯正可能) な状態である。第 2 段階は、関節拘縮はないが、側索が掌側に亜脱臼し、掌側の横支靭帯線維の短縮があり、矯正不可能な状態である。第 3 段階は側副靭帯や掌側板の拘縮により関節の拘縮が生じたり、変性変化をきたしている状態である。

1) 保存的治療

保存的治療のよい適応は、第 1 段階であり、第 2 段階は相対的適応となる。保存療法を中心は PIP