

thrower motion が重要とされているが、橈尺方向の運動が強く障害されることによって dart throw motion が制限されることは、RA において手関節障害が早期から出現する要因の 1 つと考えられた。また関節角速度の低下は関節の速い運動の障害を示唆しており、このことは手関節運動の巧緻性に影響すると考えられた。

日常生活動作において、RA 群では特に手関節の円周運動の制限が著明であった。RA の病勢が進行することにより dart throw motion が障害され、その結果、円周協調運動が制限されると手関節の動きは直線状となり、本来有する機能・巧緻性を低下させると考えられた。

手関節の再建を考慮するにあたり RA 手関節では橈尺方向の運動制限が強く出現するため、橈尺方向の運動に対する制御が重要と考えられる。手関節の回旋運動を考慮すると人工関節は non-constrained type が望ましいが、ある程度の運動を制限する semi-constrained type や、internal ligament 機構を有する model などが有用と考えられる。正常手関節における掌背屈方向の可動性は、日常生活動作において関節角度は書字動作で平均 25 度 (-15-40 度)、瓶の開栓で平均 35 度 (20-15 度) であり、掌背屈運動の再建では最大可動域は必要ではなく、掌背屈それぞれ 30 度の可動域獲得と安定性の獲得が有用と考えた。

本研究では、RA 症例の手関節を全体として評価しているため、RA 症例の進行に伴う特徴に関しては捉えることができなかった。しかし、手関節の破壊性病変に応じた治療を考える上で、RA 病変の進行と手関節動態の変化との相関を観察することは非常に重

要であり、今後検討を重ねていく予定である。

これまで欧米で使用されてきた人工手関節では長期の 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。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。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 (dart thrower motion) 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。我々が開発した dart thrower motion を誘導する半拘束型人工手関節はこれまでの欧米での人工手関節成績で明らかとなった諸問題を解決する可能性が考えられる。正常では橈骨手根関節と手根中央関節の 2 関節により複雑な手関節運動がもたらされており、これを 1 関節として置換し、さらに生理的な dart thrower motion を摺動面の形態によって誘導するためには、この面での回転中心を一定にする必要があり、橈尺屈はある程度犠牲にしなければならない。

今回、摺動面の異なる 3 つの人工手関節を作成し、X 線および運動解析を行ったが、いずれも投げ矢面での掌背屈運動 (dart thrower motion) が再現されていた。しかし初期の楕円形摺動面の中央に凹凸を設けて橈尺方向への転位を拘束したタイプでは橈尺屈、回旋の拘束が少なく、摺動面の不適合が生じ、脱臼や材質の磨耗、破損の観

点からも大きな問題であると考えられた。

一方、卵円形摺動面では安定した dart thrower motion が再現されており、回旋に対する安定性も得られていた。橈尺屈半拘束と完全拘束では掌屈角度以外に相違は見られず、橈尺屈に多少のあそびを有する卵円形（橈尺屈半拘束型）がゆるみの観点からも最適と考えられた。今後は本人工手関節を用いた臨床成績の検討が必要と考える。

人工関節置換術の最も重要な合併症は術後の人工関節のゆるみ（ルーズニング）の発生である。ルーズニングは骨・セメント界面あるいはセメント・インプラント界面に発生する。そこでインプラント表面を糖鎖工学的および組織工学的的手法によりセメントあるいは骨と強い親和性を有する糖鎖あるいは骨形成因子（Bone morphogenic protein など）をコーティングして機械的ではなく生物学的結合を起こすための基礎的研究を行っている。これにより半永久的な人工関節の作成が可能となることが期待される。

E. 結論

I : 肩関節

修復不能な広範囲腱板断裂肩に対して上腕骨の上方偏位の防止や安定化を目的として、上部にフードをつけた新しい肩甲関節窩コンポーネントを考案し、有限要素法による応力解析と屍体肩実験を行った。本コンポーネントにより、セメント層への不均一な応力を分散させてゆるみを防止し、良好な肩関節可動域が得られることが期待される。

II : 肘関節

本研究で得られた基礎データは、RA 人工関節の手術適応の決定と日本人の上腕骨、尺骨骨髓腔に適合した人工関節ステムや関節摺動面の設計に寄与すると考えられる。

%I-EMG は RA 群が対照群よりも大きな値を示し、その傾向は腕橈骨筋と上腕三頭筋外側頭において顕著であった。加速度波形の積分値は両群間で有意差がみとめられなかった。今回用いた肘関節の計測・解析方法は RA 患者の筋活動特性や関節の不安定性を簡便かつ定量的に評価するうえで有用な方法と考えられる。

Kudo type-5 人工肘関節の平均約 5 年の成績は臨床上是満足のいく結果であった。しかし Clear line が尺骨コンポーネントに認められる例があり、今後の経過観察が必要である。

III : 手関節

手関節の 3 次元的動作において、RA 罹患患者においては橈尺屈運動の障害による機能制限が著明であり、人工関節開発において橈尺屈運動の制御は 1 つの重要な因子と考えられた。

生理的な dart thrower motion を誘導する表面置換、半拘束型人工手関節を開発した。屍体手関節を用いた X 線、3 次元運動解析にてその有用性が証明された。

F. 研究発表

分担研究報告書に個々に記載

G. 知的財産権の出願・登録状況

分担研究報告書に個々に記載

リウマチ肩関節に対する新しい人工関節の開発に関する研究

主任研究者 三浪明男 北海道大学大学院医学研究科 教授

分担研究者 岩崎倫政 北海道大学病院 講師

研究協力者 但野 茂 北海道大学大学院工学研究科 教授

砂川 融 広島大学病院 助手

研究要旨：関節リウマチ肩では、肩甲上腕関節の骨破壊に加えて、肩関節の重要な安定化機構の一つである回旋筋腱板の広範囲な断裂を伴うことが多い。人工肩関節置換術を行う際に腱板広範囲断裂が存在すると、骨頭を肩甲関節窩に対して安定化させることができないため肩の挙上や回旋が困難となり、肩関節機能は著しく障害される。また、肩甲関節窩コンポーネントに偏ったストレスが加わり、高率にゆるみが発生する問題もある。本研究の最終目的は、腱板広範囲断裂を伴うリウマチ肩において、腱板機能を代償して骨頭を安定化させる新しい人工肩関節の開発である。そのために、広範囲断裂肩の有限要素解析モデルを作成して新コンポーネントの応力解析を行い、形状を検討した。

A. 研究目的

関節リウマチ肩では、肩関節の安定性にとって不可欠である回旋筋腱板の修復不能な広範囲断裂を伴う例が多い。腱板の広範囲断裂が生じると、人工肩関節の骨頭が上方移動して挙上の主動筋である三角筋のレバーアームが減少するため効果的に作用しなくなり、肩関節機能は著しく制限される。現在本邦において使用可能な人工肩関節では骨頭を安定化させることができないため、除痛は得られても機能的には不満足であるのが現状である。また、人工肩関節では関節の不安定性により肩甲関節窩コンポーネントに不均一なストレスがかかり、ゆるみ（ルースニング）が高率に生じると

いう問題もある。これらの問題を解決するためこれまで様々な形状の人工肩関節が考案されてきたが、いまだ広く実用化にいたったものではなく、新しい人工肩関節の開発が望まれてきた。

本研究の最終目的は、このような腱板修復不能例に対する人工肩関節として、骨頭の上方偏位を抑制して安定化させ求心位を保持することにより三角筋が有効に機能するためのレバーアームを獲得できる新しい形状の人工肩関節を開発することである。そのため、まず肩関節の有限要素モデルを作成し、荷重条件として数値解析により求めた広範囲断裂肩における筋力を用いた。次に、上腕骨頭の上方向偏位を抑制するため

のフードをつけた新しいコンポーネントの形状をデザインし、有限要素法にてコンポーネントとセメント層における応力解析を行った。また、新コンポーネントのプロトタイプを屍体肩に挿入し、肩関節可動域を調査した。

B. 研究方法

1. 有限要素解析

1) 肩甲上腕関節モデル

まず正常ボランティア（23歳、男性）の肩関節CT画像を撮影し、医療用3次元画像解析ソフトAnalyzeで上腕骨と肩甲骨の骨格形状モデルを作成した。3次元CADソフトでデータ形式の変換を行い、有限要素解析ソフトANSYS上で有限要素モデルを作成した（図1）。関節軟骨、皮質骨、海綿骨の要素を作成し、各物性値は過去の文献より表1のごとく設定した。拘束条件は肩甲骨の内側端を固定し、肩甲上腕関節外転60°の肢位で関節部は軟骨要素で連結させた。荷重は上腕骨に付着する三角筋の前部、中部、後部線維と棘上筋、棘下筋、肩甲下筋、小円筋の計7つの筋力値を各筋の起始に負荷した。筋力値は、我々が以前に報告した筋力数値解析モデル（Oizumi N, Minami A, et al. J Shoulder Elbow Surg, 2006）にてシミュレーションした結果を用い、a) 正常、b) 棘上筋腱断裂、c) 広範囲断裂、の3つのモデルを作成した。解析結果は、肩甲関節窩に生じた最小主応力（圧縮応力）にて評価した。

2) 人工肩関節置換モデル

前項で作成した人工肩関節の三次元有限要素モデルを用いた（図2）。肩甲関節窩コンポーネントは、現在汎用されている keel

型コンポーネント（汎用コンポーネント）と、コンポーネント上部に骨頭の上方位を抑えるためのフードをつけた新形状コンポーネント（新コンポーネント）でフード長が14mmのtype 1、10mmのtype 2の計3種類を作成した（図3）。皮質骨、海綿骨、チタン合金（上腕骨ステム、骨頭）、UHMWPE（肩甲関節窩コンポーネント）、骨セメントの各物性値は過去の文献値を参考に表1のごとく設定した。解析条件は、肩甲骨の内側端を拘束し、関節面には接触要素を定義した。荷重条件は、腱板広範囲断裂肩をシミュレーションするため、棘上筋、棘下筋は除いて三角筋の前部・中部・後部線維と肩甲下筋、小円筋の計5つの筋力値を各筋の停止点に負荷した。モデルの要素数は約25000、節点数は約6000となった。解析は、a) 汎用コンポーネント+正常腱板、b) 汎用コンポーネント+広範囲腱板断裂、c) 新コンポーネント type 1+広範囲腱板断裂、d) 新コンポーネント type 2+広範囲腱板断裂、の4つのモデルで行い、いずれも肩甲関節窩コンポーネントおよびセメント層における von Mises 相当応力を比較検討した。

2. 屍体肩研究

新コンポーネント type 1、2 のプロトタイプを光樹脂で作成し（図4）、腱板広範囲断裂を模すため棘上筋・棘下筋腱と上腕二頭筋長頭腱を完全に切除した解剖実習用屍体肩に挿入した。X線透視下に大結節とコンポーネントのフードがインピンジするまで上腕骨を肩甲骨面上で外転し、肩甲上腕関節の最大外転角度を計測した。

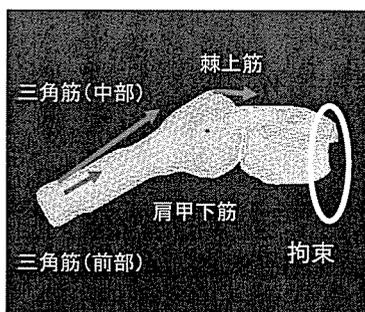


図1；肩甲上腕関節の有限要素モデル

表1；物性値

	ヤング率 (MPa)	ポアソン比
皮質骨	8000	0.35
海綿骨	400	0.21
軟骨	3	0.45
骨セメント	2000	0.23
UHMWPE	500	0.40
チタン合金	112000	0.33

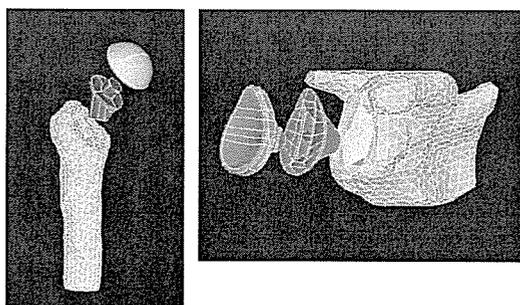


図2；人工肩関節置換有限要素モデル

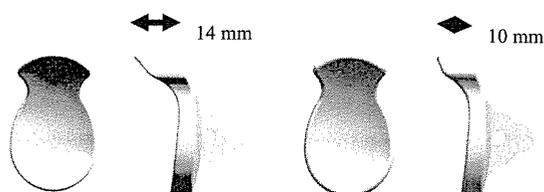


図3；新コンポーネント type 1 (左)、type 2 (右)

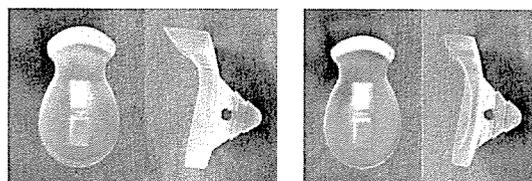


図4；新コンポーネントのプロトタイプ
type 1 (左)、type 2 (右)

(倫理面への配慮)

ボランティアのCT撮影に際して、その目的、起こりうる不利益に関して事前に説明し、同意を得た。

C. 研究結果

1. 有限要素解析

1) 肩甲上腕関節モデル

a) 正常と b) 棘上筋腱断裂では応力に差はなかったが、広範囲断裂になると応力が増加していた (図5)。

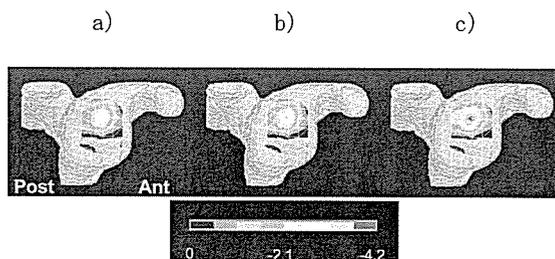


図5；肩甲関節窩の応力分布

a) 正常、b) 棘上筋腱断裂、c) 広範囲断裂

2) 人工肩関節置換モデル

セメント層の応力分布 (図6)；汎用コンポーネントでは a) 正常腱板に比較して b) 広範囲腱板断裂の方がコンポーネント上部の応力増加を認めた。新コンポーネントでは type 1、2 とも上部への応力集中は消失していた。最大応力値 (MPa) は、それぞれ

a) 3.91、b) 5.60、c) 3.56、d) 3.89 と、新コンポーネントで低下していた。

コンポーネントの応力分布 (図7) ; 汎用コンポーネントでは a) 正常腱板に比較して b) 広範囲腱板断裂で上部の応力が増加していた。新コンポーネントではフード基部に応力を認めたが、フード長の違いで応力に大きな差はなかった。最大応力値 (MPa) は、a) 1.34、b) 1.78、c) 3.91、d) 4.67であった。

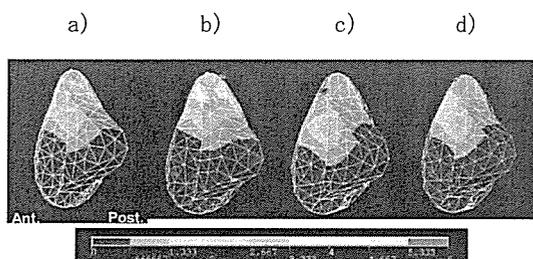


図6 ; セメント層の応力分布

- a) 汎用コンポーネント+正常腱板、
- b) 汎用コンポーネント+広範囲腱板断裂、
- c) 新コンポーネント type 1+広範囲腱板断裂、
- d) 新コンポーネント type 2+広範囲腱板断裂

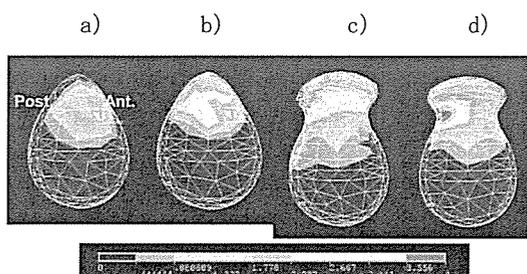


図7 ; 肩甲関節窩コンポーネントの応力分布

- a)、b)、c)、d) (図6と同様)

2. 屍体肩実験

フード長 14mm の新コンポーネント type 1 では肩甲上腕関節の最大外転角度は 47°で、大結節は肩峰下に入り込む前にフードとぶ

つかっていた。フード長 10mm の新コンポーネント type 2 では、最大外転角度は 75°に増加しており、フード長のわずかな違いで可動域が大きく変化することがわかった (図8)。

D. 考察

汎用コンポーネントは広範囲断裂の条件化では、セメント層上部への応力集中が認められ、これがゆるみの原因になっていると推測された。新コンポーネントでは、フー

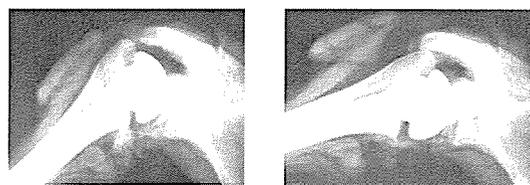


図8 ; 肩甲上腕関節最大外転位 X線写真
type 1 : 47° (左)、type 2 : 75° (右)

ドの長さにかかわらずこの偏った応力集中を防止して応力を分散させることが示され、ゆるみを防ぐ効果が期待された。一方、新コンポーネントではフード基部に応力を認めたが、その値はフード長によって大きな差はなかった。

屍体肩実験では、フード長が 10mm と短い type 2 コンポーネントでは 75°の肩甲上腕関節外転が可能であった。正常肩においては、肩の外転はその角度の 2/3 を肩甲上腕関節で担っているが、肩甲上腕関節に障害がある場合は肩甲胸郭間での運動が代償性に 1/3 以上を占めることもある。それを含めて考えると、type 2 新コンポーネントでは 130°以上の挙上が可能となることも期待される。今後は、肩甲上腕関節の可動域をできるだけ制限せず、かつ上腕骨頭の上

偏位や脱臼を生じない最適なフード長を決定する必要がある。

E. 結論

修復不能な広範囲腱板断裂肩に対して上腕骨の上方偏位の防止や安定化を目的として、上部にフードをつけた新しい肩甲関節窩コンポーネントを考案し、有限要素法による応力解析と屍体肩実験を行った。本コンポーネントにより、セメント層への不均一な応力を分散させてゆるみを防止し、良好な肩関節可動域が得られることが期待される。

F. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Onodera S, Nishihara J, Koyama Y, Majima T, Aoki Y, Ichiyama H, Ishibashi T, and Minami A: Macrophage migration inhibitory factor up-regulates the expression of interleukin-8 messenger RNA in synovial fibroblasts of rheumatoid arthritis patients' common transcriptional regulatory mechanism between interleukin-8 and interleukin-1 beta. *Arthritis Rheum.* 2004・50・1437-1447
- 2) 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* 2004・10・828-833
- 3) Niikura K, Osuga N, Nagahori N, Sadamoto R, Shiono M, Iwasaki N, Monde K, Minami A and S.-I. Nishimura: Fluorescent glyconanoparticles as a sensitive device to monitor sugar-involving molecular events. *Polymer Journal*, 2004・36・1-10
- 4) 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, 2005
- 5) Masuko T, Minami A, Iwasaki N, Majima T, Nishimura S.I., and Lee Y. C.: Carbohydrate analysis by a phenol-sulfuric acid method in microplate format. *Anal Biochem* 339: 69-72, 2005
- 6) Masuko T, Minami A, Iwasaki N, Majima T, Nishimura S.I., and Lee Y.C.: Thiolation of chitosan. Attachment of proteins via thioether formation. *Biomacromolecules* 14: 880-884, 2005
- 7) Masuko T, Iwasaki N, Yamane S, Funakoshi T, Majima T, Minami A, Ohsuga N, Ohta T, and Nishimura S. I. : Chitosan-RGDSGGC conjugate as a scaffold material for musculoskeletal tissue engineering. *Biomaterials* 26: 5339-5347, 2005
- 8) Funakoshi T, Majima T, Iwasaki N, Suenaga N, Sawaguchi N, Shimode K,

- Minami A, Harada K, and Nishimura SI: Application of tissue engineering techniques for rotator cuff regeneration using a chitosan-based hyaluronan hybrid fiber scaffold. *Am J Sports Med* 33: 1193-1201, 2005
- 9) Funakoshi T, Majima T, Iwasaki N, Yamane S, Masuko T, Minami A, Harada K, Tamura H, Tokura S, and Nishimura SI: Novel chitosan-based hyaluronan hybrid polymer fibers as a scaffold in ligament tissue engineering. *J Biomed Mater Res A* 74: 338-46, 2005
- 10) Minami A, Iwasaki N, Kutsumi K, Suenaga N, and Yasuda K : A long-term follow-up of silicone- rubber interposition arthroplasty for osteoarthritis of the thumb carpometacarpal joint. *Hand Surg* 10: 77-82, 2005
- 11) Oizumi N, Tadano S, Narita Y, Suenaga N, Iwasaki N, and Minami A: Numerical analysis of cooperative abduction muscle forces in a human shoulder joint. *J Shoulder Elbow Surg* 15: 331-338, 2006
- 12) Sawaguchi N, Majima T, Iwasaki N, Funakoshi T, Shimode K, Onodera T, and Minami A: Extracellular matrix modulates expression of cell-surface proteoglycan genes in fibroblasts. *Connective Tissue Research* 47: 141-148, 2006
- 13) Minami A, Iwasaki N, Ishikawa J, Suenaga N, and Kato H: Stabilization of the proximal ulnar stump in the Sauve-Kapandji procedure by using the extensor carpi ulnaris tendon' long-term follow-up studies. *J Hand Surg* 31A : 440-444, 2006
- 14) Funakoshi T., Majima T, Suenaga N, Iwasaki N, Yamane S, and Minami A: Rotator cuff regeneration using chitin fabric as an acellular matrix. *J Shoulder Elbow Surg* 15: 112-118, 2006
- 15) Yayama T, Baba H, Kobayashi S, Kokubo Y, Inukai T, Mizukami Y, Kubota M, Ishikawa J, Minami A: Kinematic investigations of the wrist joints in patients with rheumatoid arthritis. *J Orthop Surg* (in press)
- 16) 但野茂, 阿部圭子, 大泉尚美: 腱板断裂時における肩甲上腕関節面の三次元応力分布. *日本臨床バイオメカニクス学会誌* 24 ; 145-150, 2003.
- 17) 三浪明男: 手の外科の将来展望, *日臨整会誌* 30 : 17-22, 2004
- 18) 三浪明男, 石川淳一: 手関節機能再建術の適応と実際, *リウマチ科* 32, 477-485, 2004
- 19) 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
- 20) 岩崎倫政, 三浪明男: リハビリテーションの現場で役立つバイオメカニクス, *肘関節・前腕, Journal of Clinical Rehabilitation* 14, 1046-1049, 2005
- 21) 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, *大和証*

券ヘルス財団の助成による研究業績集
第 28 集, 1-6, 2005

- 22) 三浪明男：書評 手のリウマチの画像
診断, 整形外科 56, 1276, 2005

2. 学会発表

- 1) Oizumi N, Suenaga N, Tadano S, Narita Y, Iwasaki N: Numerical Analysis of Abduction Muscle Forces in a Human Shoulder. 4th International Conference of Shoulder Surgery, May 2-5, 2004, Washington, DC.
- 2) Fujimoto M, Kato H, Iwasaki N, Yoshioka C, Minami A: Total Elbow Arthroplasty with Use of the Kudo Elbow Type-5 Prosthesis in Rheumatoid Arthritis. The 59th Annual Meeting of the American Society for Surgery of the Hand Sept 9-11, 2004, New York.
- 3) 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に対する工藤式 (type-5) 人工肘関節置換術の治療成績. 第 16 回日本肘関節学会学術集会 平成 16 年 2 月 21 日 於：京都市
- 4) 三浪明男：(教育講演) 関節リウマチに罹患した上肢に対する手術治療. 第 48 回日本リウマチ学会総会・学術集会 平成 16 年 4 月 14 日～平成 16 年 4 月 15 日 於：岡山市
- 5) 藤本理代, 加藤博之, 岩崎倫政, 石川淳一, 山根慎太郎, 三浪明男：RA 肘に対する Kudo elbow type-5 の中期術後成績. 第 32 回日本リウマチ・関節外科学会 平成 16 年 10 月 1 日～平成 16 年 10 月 2 日 於：奈良市
- 6) 正富隆, 三宅潤一, 三浪明男, 岩崎倫政, 水関隆也：リウマチ肘再建術の機能的予後. 第 48 回日本手の外科学会学術集会 平成 17 年 4 月 21～22 日 於：下関市
- 7) 水関隆也, 児玉祥, 正富隆, 三浪明男：リウマチ手関節滑膜切除術が上肢機能に与える影響. 第 48 回日本手の外科学会学術集会 平成 17 年 4 月 21～22 日 於：下関市
- 8) 彌山峰史, 犬飼智雄, 小林茂, 水上保孝, 久保田雅史, 村瀬剛, 馬場久敏, 三浪明男：関節リウマチ手関節の動態解析. 第 34 回北陸リウマチ関節研究会 平成 17 年 7 月 3 日 於：金沢市
- 9) 彌山峰史, 犬飼智雄, 小林茂, 水上保孝, 久保田雅史, 石川淳一, 馬場久敏, 三浪明男：新しい人工手関節における RA 手関節の動作解析. 第 33 回日本リウマチ関節外科学会 平成 17 年 11 月 11 日～平成 17 年 11 月 12 日 於：東京都
- 10) 大泉尚美, 但野茂, 阿部圭子, 末永直樹, 岩崎倫政, 三浪明男, 成田陽一：三次元有限要素法を用いた人工肩関節の応力解析—広範囲腱板断裂肩における荷重条件の検討—. 第 110 回北海道整形災害外科学会 平成 18 年 1 月 28 日～29 日 於：札幌市
- 11) 大泉尚美, 但野茂, 阿部圭子, 末永直樹, 岩崎倫政, 三浪明男：有限要素法を用いた広範囲腱板断裂肩における人工肩関節置換モデルの応力解析. 第 36 回日本人工関節学会 平成 18 年 2 月 3 日～4 日 於：京都市
- 12) Minami A：“Operative treatment of RA

- wrist”, ” Treatment for Scaphoid proximal pole non-union”, “Carpal Instability”. 19th Hong Kong Society for Surgery of the Hand Annual Congress 2006 March 25-26, 2006, Hong Kong
- 13) 大泉尚美, 末永直樹, 岩崎倫政, 三浪明男, 但野茂, 阿部圭子, 成田陽一: 有限要素法を用いた広範囲腱板断裂肩における人工肩関節置換モデルの応力解析. 第 79 回日本整形外科学会学術集会 平成 18 年 5 月 18 日~21 日 於: 横浜市
- 14) 加藤博之, 山崎宏, 中村恒一, 岩崎倫政, 三浪明男: リウマチ上肢の手術治療. 第 79 回日本整形外科学会 平成 18 年 5 月 18 日~21 日 於: 横浜
- 15) 三浪明男: 手関節外傷の診断と治療, 次の百年へー日本における手の外科の歴史, 尺骨近位端安定化術を加えた Sauve-Kapandji 手術(独創展ポスター). 第 79 回日本整形外科学会学術総会 平成 18 年 5 月 18~21 日 於: 横浜市
- 16) 大泉尚美, 末永直樹, 岩崎倫政, 三浪明男, 但野茂, 成田陽一: 数値解析を用いた腱板断裂肩における筋力シミュレーション. 第 21 回日本整形外科学会基礎学術集会 平成 18 年 10 月 19 日~20 日 於: 長崎市
- 17) 大泉尚美, 末永直樹, 岩崎倫政, 三浪明男, 但野茂, 阿部圭子, 成田陽一: 三次元有限要素法を用いた人工肩関節置換モデルの応力解析 —広範囲腱板断裂肩における荷重条件の検討—. 第 33 回日本臨床バイオメカニクス学会 平成 18 年 11 月 3 日~4 日 於: 新潟市
- 18) 彌山峰史, 馬場久敏, 小林茂, 犬飼智雄, 水上保孝, 久保田雅史, 三浪明男: 関節リウマチにおける手関節の動作解析学的特徴. 第 34 回日本リウマチ・関節外科学会 平成 18 年 11 月 10-11 日 於: 新潟市
- 19) Oizumi N, Tadano S, Suenaga N, Iwasaki N, Abe K, Minami A: Three-dimensional Finite Element Analysis of Total Shoulder Arthroplasty in a Rotator Cuff Tear Shoulder. 53rd Annual Meeting of the Orthopaedic Research Society, Feb 11-14, 2007, San Diego, CA.
- G. 知的財産権の出願・登録状況
1. 特許取得
- 「ハイブリット繊維及び膜並びにそれらの製造方法」
特許登録番号: 特開 2002-128958
出願人: 三浪 明男 ほか
- 「線維芽細胞培養方法および靭帯・腱組織再生基材」
特許登録番号: 出願番号特願 2002-190674
出願人: 三浪 明男 ほか
- 「腱・靭帯の劣化予防・治療剤」
特許登録番号: 出願番号 PCT/JP2004/17168
出願人: 三浪 明男 ほか
- 「共有結合によるグリコサミノグリカンと細胞増殖因子との結合化合物およびその製造方法」
特許登録番号: 出願番号 2004-291389
出願人: 三浪 明男 ほか
- 「オステオポンチンまたはそのフラグメントペプチド部分に対する抗体を有効成分とする腱・靭帯の劣化予防剤」

特許登録番号：出願番号特願2003-389543

出願人：三浪 明男 ほか

1. 実用新案登録

なし

2. その他

なし

関節リウマチにおける手関節の動作解析学的研究

分担研究者 馬場 久敏 福井大学医学部整形外科 教授

研究協力者 犬飼 智雄 福井大学医学部整形外科 助手

研究協力者 彌山 峰史 福井大学医学部整形外科 助手

研究要旨：関節リウマチ（RA）に対する人工手関節の開発を目的として goniometer を用いた手関節動作解析研究を行った。手関節の 3 次元的動作解析結果から RA 症例では橈尺屈方向の運動障害が強く、特に手関節円周協調運動が制限されることが日常生活動作を低下させることが示唆された。人工手関節開発に際しては橈尺屈運動を制御しうる安定化機構を有する人工手関節が理想的であると考えられた。

A. 研究目的

関節リウマチ（RA）においては手・指関節破壊が必発でありその病態は極めて多彩である。特に手関節では基本的動作である橈尺屈運動や掌背屈運動が制限され、生活の質（QOL）や日常生活動作（ADL）に及ぼす影響は非常に重大である。現在、RA 手関節の病変に対する手術療法としては、個々の病期・病勢に応じて滑膜切除術、関節形成術（proximal row carpectomy, Darrach 手術、Sauve-Kapandji 手術など）、関節固定術（partial wrist fusion; 橈骨一月状骨間、大小菱形骨一舟状骨間、月状骨一有頭骨間、wrist fusion; ムチランス型に伴う動揺性のある場合）など様々な variation がある^{1, 2)}。これらの手術的意義は疼痛緩和（運動痛緩和）と自動あるいは他動の手関節可動域の温存という 2 点に集約される。しかし、RA 下肢関節病変に対する人工関節

を用いた再建術と比較するならば、上肢病変、特に手・指関節の機能再建に関しては未だ良好な長期成績の確立に至っていない^{3, 4)}。我々は現在までに本邦人に適合する人工股関節の開発に携わり、骨髓腔占拠率、長期生体適合性に優れたカスタムメイド人工股関節の開発・応用に関与してきた^{5, 6)}。そこで本研究では人工手関節の開発を目的として RA 手関節に対する動作解析学的研究を行った。

B. 研究方法

手関節病変を有する関節リウマチ患者 22 例を対象とした。男性 2 例、女性 20 例で平均年齢 60.1 歳（29-74 歳）であった。全例 NSAIDs の投与を受けており、MTX は 13 例に投与されていた。Larsen 分類による手関節の X 線分類は Larsen grade II 5 例、Larsen grade III 6 例、Larsen grade IV 9

例、Larsen grade V 2例であった。比較対照として健常女性5例、平均年齢25.2歳(21-27歳)を用いた。動作解析は日常生活上の利き手に対して2-angle goniometer: M110 (Penny&Giles)を用いて行った。測定項目はflexion-extension motion (FEM)、radial-ulnar deviation (RUD)、日常生活動作として書字動作、瓶の開栓とし、各々の関節角度、角速度について検討した。Goniometer markerは第3中手骨基部および橈骨骨軸上に設置し⁷⁾、測定速度はメトロノーム音に合わせて60回/minとした。サンプリング周波数200Hzにて20回繰り返し測定し、測定データの6-15回を代表値として用いた。得られた測定値を2-ch analog-amp (AD Instruments Japan)にて増幅した後、Power lab 解析システムによりデータ解析を行った。

(倫理面への配慮)

本研究を遂行するにあたり、研究対象者(関節リウマチ患者)の人権擁護を最大限に配慮し、研究内容が苦痛を伴うものではなく、社会的不利益を蒙るものではなく、危険性を完全に排除し、個々の患者のQOL・ADL向上が目的であることを説明し同意を得ている。

C. 研究結果

FEM時の関節角度は背屈(RA群12.2°、対照群50.6°)、橈屈(RA群0.3°、対照群9.4°)、尺屈(RA群4.1°、対照群16.2°)であり有意差をもって低下していた。角速度は橈尺屈方向で有意差があり、橈屈角速度(RA群16.7°/sec、対照群61.1°/sec)、尺屈角速度(RA群15.8°/sec、対照群76.4°/sec)

であった(表1)。

RUDにおける関節角度は、橈屈(RA群9.5°、対照群31.5°)、尺屈(RA群5.8°、対照群36.4°)において有意差を認めしたが、角速度は全方向に低下傾向を認めたと有意差は認めなかった(表2)。

日常生活動作では、対照群において観察された手関節の円形運動は消失し、角度、角速度とも著明に制限されていた。書字動作では対照群において手関節を主に背屈位として円周運動が観察されたが、RA症例では手関節背屈が制限され、運動は直線状であった(図1)。また、瓶の開栓では、対照群で大きな手関節の協調運動がみられたのに対し、RA群では直線状の運動が観察された(図2)。

表1 手関節 FEM 動作解析

A, normal subjects (n=5)				
	palmer flexion	dorsal flexion	radial deviation	ulnar deviation
ROM (mean ± SD)	62.6 ± 10.3	30.6 ± 5.4	9.4 ± 1.4	16.2 ± 2.0
Velocity (mean ± SD)	390.2 ± 93.2	399.3 ± 98.4	61.1 ± 15.6	76.4 ± 11.7
B, RA patients (n=22)				
	palmer flexion	dorsal flexion	radial deviation	ulnar deviation
ROM (mean ± SD)	12.6 ± 7.7	12.2 ± 9.7 *	0.3 ± 4.8 *	4.1 ± 5.8 *
Velocity (mean ± SD)	53.1 ± 29.9	55.0 ± 34.9	16.7 ± 8.1 *	15.8 ± 7.3 *

ROM: range of motion (degree)
Velocity (degree/sec)
* : p < 0.05, compared RA patients with normal individuals

表2 手関節 RUD 動作解析

A, normal subjects (n=5)				
	palmer flexion	dorsal flexion	radial deviation	ulnar deviation
ROM (mean ± SD)	23.5 ± 2.7	28.7 ± 2.4	31.5 ± 3.1	36.4 ± 5.6
Velocity (mean ± SD)	128.9 ± 22.3	138.4 ± 26.3	117.1 ± 19.8	255.9 ± 37.0
B, RA patients (n=22)				
	palmer flexion	dorsal flexion	radial deviation	ulnar deviation
ROM (mean ± SD)	3.5 ± 10.4	8.4 ± 10.5	9.5 ± 8.7 *	5.8 ± 9.3 *
Velocity (mean ± SD)	21.3 ± 12.1	21.7 ± 10.2	23.5 ± 12.7	19.6 ± 8.8

ROM: range of motion (degree)
Velocity (degree/sec)
* : p < 0.05, compared RA patients with normal individuals

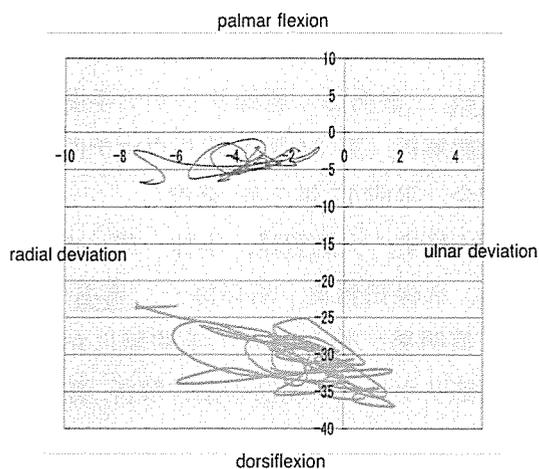


図1 書字動作の動作解析

(青：対照群，22歳，赤：Larsen grade IV，42歳)

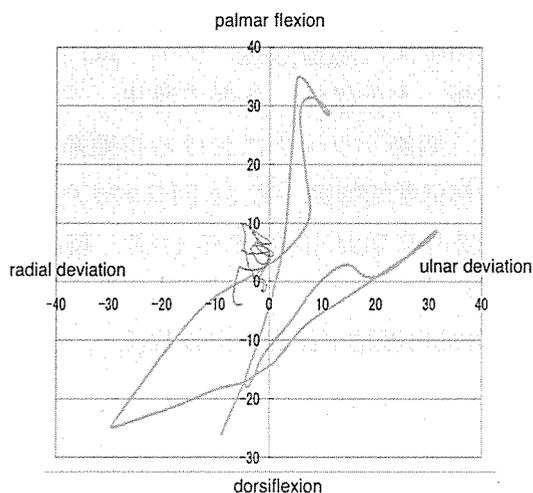


図2 瓶の開栓動作解析

(青：対照群，22歳，赤：Larsen grade IV，42歳)

D. 考察

RAにおける可動域障害は、関節内病変のみならず、周囲の軟部組織のバランスが崩れることが原因とされているが、本研究より手関節のFEM、RUDともに radial-ulnar 方向の可動域障害は palmar-dorsal 方向と

比較して強く出現することが示唆された。手関節の協調運動には dorsiflexion と radial deviation、palmar flexion と ulnar deviation からなる dart throw motion が重要とされているが^{8, 9)}、radial-ulnar 方向の運動が強く障害されることによって dart throw motion が制限されることは、RAにおいて手関節障害が早期から出現する要因の1つと考えられた。また関節角速度の低下は関節の速い運動の障害を示唆しており、このことは手関節運動の巧緻性に影響すると考えられた。

日常生活動作において、RA群では特に手関節の円周運動の制限が著明であった。関節リウマチの病勢が進行することにより dart throw motion が障害され、その結果、円周協調運動が制限されると手関節の動きは直線状となり、本来有する機能・巧緻性を低下させると考えられた¹⁰⁾。

手関節の再建を考慮するにあたり RA 手関節では橈尺方向の運動制限が強く出現するため、橈尺方向の運動に対する制御が重要と考えられる。手関節の回旋運動を考慮すると人工関節は non-constrained type が望ましいが、ある程度の運動を制限する semi-constrained type や、internal ligament 機構を有する model などが有用と考えられる。正常手関節における掌背屈方向の可動性は、日常生活動作において joint angle は書字動作で平均 25 度 (-15-40 度)、瓶の開栓で平均 35 度 (20-15 度) であり、掌背屈運動の再建では最大可動域は必要ではなく、掌背屈それぞれ 30 度の可動域獲得と stability の獲得が有用と考えた。

本研究では、RA 症例の手関節を全体として評価しているため、RA 症例の進行に伴う

特徴に関しては捉えることができなかった。しかし、手関節の破壊性病変に応じた治療を考える上で、RA 病変の進行と手関節動態の変化との相関を観察することは非常に重要であり、今後検討を重ねていく予定である。

E. 結論

手関節の 3 次元的動作において、RA 罹患患者においては橈尺屈運動の障害による機能制限が著明であり、人工関節開発において橈尺屈運動の制御は 1 つの重要な因子と考えられた。

F. 研究発表

1. 論文発表

1. Oki H, Ando M, Omori H, Okumura Y, Negoro K, Uchida K, Baba H. ; Relation between vertical orientation and stability of acetabular component in the dysplastic hip simulated by nonlinear three-dimensional finite element method. Artif Organ 28: 1050-4, 2004.
2. Hashimoto N, Ando M, Negoro K, Yayama T, Baba H: Dynamic analysis of the resultant force acting on the hip joint during level walking. Artif Organ 29: 387-92, 2005
3. Yayama T, Kobayashi S, Kokubo Y, Inukai T, Mizukami Y, Kubota M, Ishikawa J, Baba H, Minami A: Motion analysis of the wrist joints in patients with rheumatoid arthritis. Mod Rheumatol (in submission) .

2. 学会発表

1. 彌山峰史, 犬飼智雄, 村瀬 剛, 馬場久敏, 三浪明男: 関節リウマチ手関節の動態解析. 第 34 回北陸リウマチ関節研究会, 平成 17 年 7 月 金沢
2. 彌山峰史, 犬飼智雄, 小林 茂, 水上保孝, 久保田雅史, 石川淳一, 馬場久敏, 三浪明男: 新しい人工手関節における関節リウマチ手関節の動作解析. 第 33 回日本リウマチ関節外科学会, 平成 17 年 11 月, 東京.
3. 彌山峰史, 小林 茂, 小久保安朗, 水上保孝, 久保田雅史, 馬場久敏, 三浪明男: 関節リウマチにおける手関節動作の特徴. 第 35 回北陸リウマチ関節研究会, 平成 18 年 7 月, 金沢.
4. 彌山峰史, 馬場久敏, 小林 茂, 犬飼智雄, 水上保孝, 久保田雅史, 三浪明男: 関節リウマチにおける手関節の動作解析学的特徴. 第 34 回日本リウマチ関節外科学会, 平成 18 年 11 月, 新潟

G. 知的財産権の出願・登録状況

なし

引用文献

1. Ishikawa H, Murasawa A, Nakazono K. Long-term follow-up study of radiocarpal arthrodesis for the rheumatoid wrist. *J Hand Surg (Am)* 2005; 30: 658-66.
2. Nakamura H, Tanaka H, Yoshino S. Long-term results of multiple synovectomy for patients with refractory rheumatoid arthritis. Effects on disease activity and radiological progression. *Clin Exp Rheumatol* 2004; 22: 151-7.
3. Cobb TK, Beckenbaugh RD. Biaxial total-wrist arthroplasty. *J Hand Surg (Am)* 1996; 21: 1011-21.
4. Takwale VJ, Nuttall D, Trail IA, Stanley JK. Biaxial total wrist replacement in patients with rheumatoid arthritis. *J Bone Joint Surg (Br)* 2002; 84: 692-9.
5. Oki H, Ando M, Omori H, Okumura Y, Negoro K, Uchida K, Baba H. ; Relation between vertical orientation and stability of acetabular component in the dysplastic hip simulated by nonlinear three-dimensional finite element method. *Artif Organ* 2004; 28: 1050-4.
6. Hashimoto N, Ando M, Negoro K, Yayama T, Baba H: Dynamic analysis of the resultant force acting on the hip joint during level walking. *Artif Organ* 2005; 29: 387-92.
7. Ojima H, Miyake S, Kumashiro M, Togami H, Suzuki K. Dynamic analysis of wrist circumduction: a new application of the biaxial flexible electrogoniometer. *Clin Biomech* 1991; 6: 221-9.
8. Ishikawa J, Cooney WP, Niebur G, An KN, Minami A, Kaneda K. The effects of wrist distraction on carpal kinematics. *J Hand Surg (Am)* 1999; 24: 113- 20.
9. Youm Y, McMurthy RY, Flatt AE, Gillespie TE. Kinematics of the wrist. An experimental study of radial-ulnar deviation and flexion-extension. *J Bone Joint Surg (Am)* 1978; 60: 423- 31.
10. Li ZM, Kuxhaus L, Fisk JA, Christophel TH. Coupling between wrist flexion-extension and radial-ulnar deviation. *Clin Biomech* 2005; 20: 177-83.

人工関節置換術前後の肘・手指関節の運動解析と臨床成績

分担研究者 加藤 博之 信州大学医学部運動機能学講座教授

研究協力者 村上 成道 信州大学医学部附属病院整形外科助手

齋藤 直人 信州大学医学部保健学科応用理学療学教授

研究要旨：関節リウマチ（RA）に対する人工関節の開発に関して以下の3つの研究を行った。研究Ⅰ：肘関節の運動解析：RA患者と健常者の肘関節を対象に、3次元加速度計、表面筋電図などの新しいアプローチにより肘関節の屈曲伸展運動における筋活動特性や関節の不安定性を定量的に評価した。研究Ⅱ：肘人工関節の中期成績。Kudo type-5人工肘関節の術後2年以上の中期成績を臨床的、X線学的に調査した。研究Ⅲ：指MP関節人工関節の短期成績：Ball in socket構造の人工指関節の短期成績について101指10施設の後ろ向き調査を行った。これら3研究の結果から次の結論を得た。1) RAでは関節運動における筋活動特性が健常者とは異なっている。また加速度の変化においても健常と異なる傾向があり、RA関節の運動解析には新しい手法の開発を要する。2) Kudo type-5人工肘関節20例の術後平均5年の成績は、looseningによる再置換が1肘のみで、合併症は無く臨床成績は良好であった。しかしX線写真では8肘で尺骨コンポーネント周囲のclear lineを認め、本邦で最も頻用されて来た人工肘関節にも問題点がある。3) 指MP関節人工関節は、術後平均3年で23%に脱臼があり、24%にlooseningを認めた。人工指MP関節には改良が必要である。

A. 研究目的

研究Ⅰ：肘関節の運動解析。

関節リウマチ（RA）肘の障害特性を簡便かつ定量的に解析することを目的として健常者とRA肘患者の肘屈曲・伸展運動における運動解析を行った。

研究Ⅱ：肘人工関節の成績。

Kudo elbow type-5は本邦ではRA肘に頻用されている人工関節である。しかしその

成績に関する報告は少ない。RA肘関節に対するKudo elbow type-5の中長期成績を調査し、臨床成績とX線画像上の問題点を調査した。

研究Ⅲ：指MP人工関節の成績。

本邦で開発されたMES社製人工指MP関節はball in socket構造を持ち、基節骨外套内をポリエチレン性の基節骨コンポーネントがスライドする。本人工指関節も指MP関

節の RA には良く用いられている。しかし、治療成績は現在のところ不明である。そこで本人工指関節の成績について多施設後ろ向きの調査を行なった。

B. 研究方法

研究 I : 肘関節の運動解析。

a. 対象) 肘関節に愁訴、外傷の既往が無く、徒手的に肘関節の不安定性が無いボランティア女性 11 例 11 肘 (平均 61 歳) を対照群とした。RA 群は 9 例 9 肘 (平均 69 歳、全例 Larsen 分類 Grade IV) であった。

b. 肘屈曲伸展運動) 被検者は椅子に座り、上腕をバストバンドで体幹に固定した。運動課題は電子メトロノームの音声信号と LED の光にあわせた前腕回旋中間位での肘関節の自動的屈曲伸展運動とし、屈曲に 1 秒、伸展に 1 秒それぞれかけて屈伸運動を行った。

c. 表面筋電図) Biceps、Brachioradialis、Triceps medial head, Triceps lateral head の 4 筋を対象とし、銀塩化銀皿型電極を筋線維の走行と平行に筋腹中央に貼付した。

d. 3 軸加速度計 (図 1) 3 軸加速度計 AC101 ((株) セプロテック、静岡) を橈骨手根関節面から近位 3 cm の橈骨の橈側に装着した。加速度の軸は、手掌方向を肘内反、手背方向を肘外反とした。

e. 電気角度計 (図 1) 電気角度形 SG110 (バイオメトリクス社、英国) を肘関節内側に設置した。

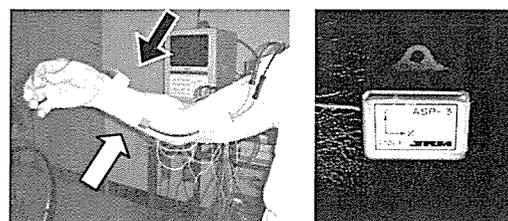


図 1 左: 電気角度計 (白矢印)、加速度計 (黒矢印) の設置 右: 3 軸加速度計

f. 解析) データ解析には生体情報解析プログラム BIMUTAS® II (株) キッセイコムテック社、長野) を用いた。6 から 8 試行目までの随意的屈曲運動時の筋電信号と 3 軸加速度波計の積分値を算出した。表面筋電信号の解析は、各筋の等尺性最大随意収縮時の筋放電積分値に対する屈曲運動時の積分値の比である %I-EMG を指標とし、全ての被検者の最小データ点数で正規化した。3 軸加速度計の Y 軸の波形すなわち肘内反方向および外反方向の波形の解析は、基線に対する + 方向と - 方向の面積積分値の合計を算出した。統計処理は両群間の筋放電積分値と加速度波形の面積積分値の平均値の差を Mann-Whitney の u-test を用いた。また各群における筋群間の %I-EMG の平均値の差を一元配置分散分析を用いて検定し、事後検定には Tukey を用いた。

研究 II : 肘人工関節の成績。

1994-2003 年に RA 肘関節に対して、Kudo elbow type-5 人工肘関節置換術を施行し 2 年以上で、直接検診可能であった 16 例 20 肘を対象とした。手術時年齢は 43 歳から 76 歳、平均 59 歳であった。経過観察期間は 2 年から 9 年 2 ヶ月、平均 4 年 8 ヶ月である。術前 Larsen 分類では、stage IV が 13 肘、stage V が 7 肘であった。調査時に

可動域および Mayo Elbow Performance Score を用い臨床評価を行った。X線学的評価では clear line と loosening の有無・各コンポーネントの上腕骨・尺骨に対する設置角度について調査した。なお clear zone はコンポーネントおよびセメント周囲の 2 mm 以下の radiolucent line とし、2 mm より幅広い radiolucent line の存在や明らかなコンポーネントの転位は loosening とした。

研究Ⅲ：指人工関節の成績。

10 施設に対してアンケートを配布して回答を解析した。1999 年から 2005 年までに MES 社製 Ball in socket 型 MP 人工関節を施行した RA 患者のうち術後 6 ヶ月以上経過した 36 症例、101 関節を対象とした。平均年齢は 63 歳 (35~78 歳)、平均経過観察期間は 3.2 年 (0.5~7.1 年) であった。術前 MP 関節の尺側偏位ありが 58 関節、尺側偏位なしが 38 関節であった。術中の合併症、関節可動域、患者の満足度と疼痛、X 線写真で判断した clear line、骨吸収、沈み込み、脱臼の有無を後ろ向きに調査した。脱臼に関しては基節骨外筒と中手骨ステムのアライメントが関節中心よりずれているものを脱臼とした。

C. 結果

研究Ⅰ：肘関節の運動解析。

a. 表面筋電図。健常対照群と RA 群の筋別の %I-EMG の比較を示す (図 2)。RA 群は対照群よりも相対的に筋活動量が大きく Biceps、Brachioradialis において 100% を超える肘関節もあった。次に各筋におい

て、%I-EMG を健常対照群と RA 群で比較した、Brachioradialis と Triceps lateral head において RA 群が対照群よりも有意に高い値を示した (図 3)。

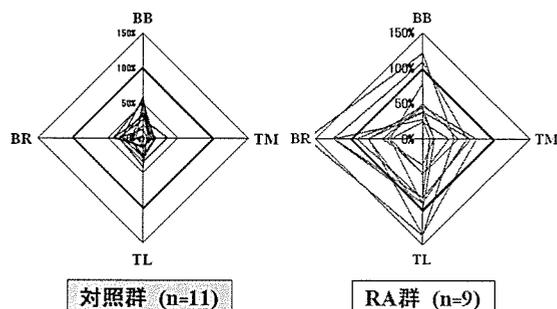


図 2 %I-EMG レーダーチャート

左側：対照群、右：RA 群。Biceps (BB)、Brachioradialis (BR)、Triceps medial head (TM)、Triceps lateral head (TL)。

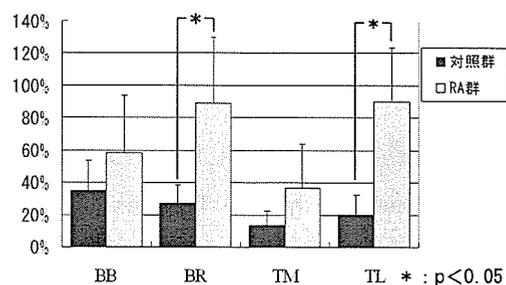


図 3 %I-EMG 両群間の比較

b. 加速度。図 4 は最大伸展位から最大屈曲位までの Y 軸方向の加速度波形を示し (+) 方向は肘内反方向、(-) 方向は肘外反方向を示している。対照群のうち、図 4a に示す 8 例は屈曲開始後に内反方向加速度が生じ、その後外反方向加速度を生じる傾向を示した。一方、図 4b に示すように RA 群での加速度波形は被検者によって傾向が大きく異なり一定の傾向は認められなかった。

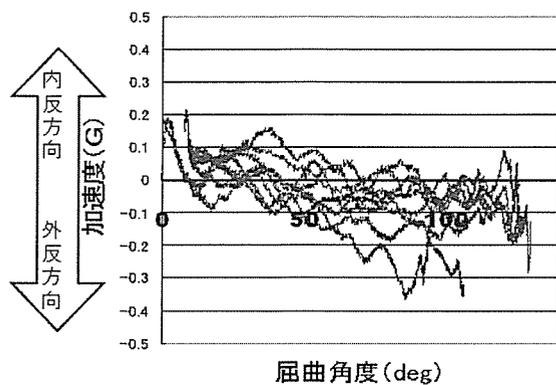


図 4a 加速度生波形 対照群中 8 例

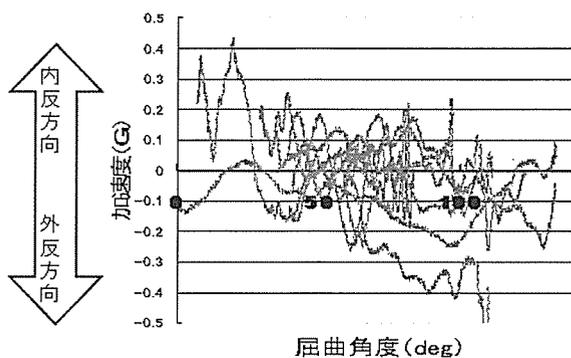


図 4b 加速度生波形 RA 群

研究Ⅱ：肘人工関節の成績。

a. 臨床成績。肘関節の伸展は術前平均 $-36 \pm 15^\circ$ から術後平均 $-35 \pm 13^\circ$ と伸展制限が残存した。屈曲は術前平均 $107 \pm 27^\circ$ から術後平均 $134 \pm 9^\circ$ と有意に改善した ($p < 0.01$)。Mayo Elbow Performance Score は全項目において有意に改善が認められた。Total score では、術前 45 ± 16 点・poor から術後 89 ± 11 点・good と有意に改善した ($p < 0.01$)。4) 術中・20 肘中 2 肘 (10%) で合併症が認められた。術中合併症として上腕骨内顆骨折を 1 肘に生じ、キルシュナー鋼線とワイヤリングによる骨接合術を追加した。術後合併症としては、縫合部皮膚欠損を 1 肘で認め、有茎皮弁を施行し治療した。

b. X線写真による分析。上腕骨コンポーネントには clear zone は出現していなかったが、尺骨コンポーネントでは 8 肘 (40%) で clear line が認められた。また 1 肘 (5%) で loosening を認めた。Clear line および loosening は 9 肘全てにおいて、尺骨滑車切痕部に認められた。Clear line または loosening が認められた 9 肘中 7 肘が all HDP type のコンポーネントをセメント固定したものであった。上腕骨コンポーネントは、正面像では平均 $3 \pm 2^\circ$ 内反し、側面像では平均 $0.4 \pm 5^\circ$ 前傾して設置されていた。尺骨コンポーネントは側面像で平均 $9 \pm 6^\circ$ 尻上がり設置となっていた (図 5)。尺骨コンポーネントにゆるみを生じた 1 肘では、術後 5 年 5 ヶ月時に肘頭骨折を生じた。手術後 6 年時に尺骨コンポーネントの再置換とプレートによる尺骨接合術を行なった。

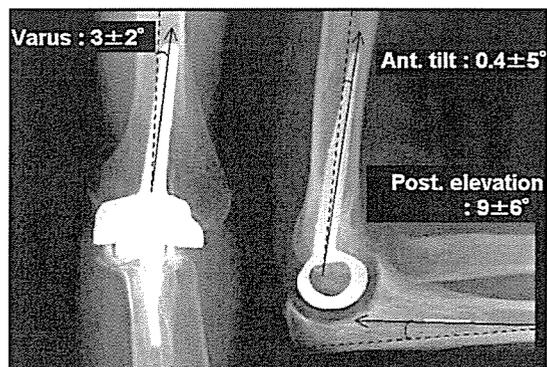


図 5 Kudo-type 5 人工関節術後の X 線写真計測

研究Ⅲ：指人工関節の成績

術前の MP 関節の可動域は伸展平均 -28° 、屈曲平均 65° であった。調査時の可動域は伸展平均 -26° ($-90^\circ \sim 10^\circ$)、屈曲平均 61° ($0 \sim 90^\circ$) であった。伸展、屈曲とも角度の改善はなかった。術前 68 関節に疼痛が認められたが、術後疼痛が認められたのは 1 関節