

---

---

原 著

---

---

## 慢性肘関節リウマチ病変の進行にともなう X 線変化の検討

新潟大学医学部整形外科教室（主任：田島達也教授）

関 谷 繁 樹

A Study of Radiological Findings with Progression  
of Rheumatoid Arthritis of the Elbow Joint

Shigeki SEKIYA

*Department of Orthopaedic Surgery, Niigata University, School of Medicine*  
(Director: Prof. Tatsuya TAJIMA)

This study aims at clarification of the mode of progressive destruction of bony elements of RA-elbow joint and the time taken for progress from a certain stage to a more advanced stage.

### Methods:

1. The author classified 142 RA-afflicted elbow joints of 77 cases into 6 stages based on severity of bony destruction on X-ray. Radiological indicators representing severity of bony destruction were established on humeral, radial and ulnar component of an elbow joint. Average value of each indicator was calculated in each stage. Based on these data, the mode of progressive destruction of bony elements of RA-elbow joint was estimated.
2. In 50 non-operated RA-elbow joints of 33 cases and 23 synovectomized RA-elbow joints of 21 cases which have been followed-up by X-ray taken repeatedly more than 3 times, the mode of progressive bony destruction and the time taken for stage-progression were investigated.

### Results:

The cortical thinning of the distal shaft of humerus, which appears prior to articular destruction, progresses in accordance with the progressive articular destruction. Articular destruction begins at and progresses from trochlea of the humerus condyle, from the center of and the coronoid process of the trochlear notch and from the proximo-ulnar site of radius head. Articular destruction begins at and advanced from humero-ulnar joint in 78% of RA-afflicted elbow joint. In the majority of

---

Reprint requests to: Shigeki SEKIYA,  
Asahimachi-1, Niigata City,  
Department of Orthopaedic Surgery,  
Niigata University, School of Medicine.

別刷請求先: 〒951 新潟市旭町通1番町  
新潟大学医学部整形外科教室  
関谷繁樹

non-operated joints, progression from stage 1 to 5 took 4-6 years. Progression from stage 5 to 6, which took more time than for progression in the lower stages was observed in 9 joints out of 42 which advanced up to the stage 5. No significant difference in the time for stage progression was noted between non-operated and synovectomized RA-afflicted elbow joints.

Key words: rheumatoid arthritis, elbow joint, radiological study.

慢性関節リウマチ，肘関節，X線学的研究．

## I はじめに

肘関節は手の lever arm である上腕と前腕をつなぐ関節であり，上肢全体の機能に密接に関係する。

肘関節の慢性関節リウマチ（以下 RA）罹患率は指や趾，膝関節の約90%と比べ約20%から55%と低い<sup>1)2)3)4)</sup>。その治療については種々な保存療法とならんで，滑膜切除術，関節形成術，人工関節置換術等の手術療法が行われている。

著者は RA 肘関節の滑膜切除術時，上腕骨小頭と橈骨頭すなわち腕橈関節の軟骨にはほとんど変化がみられないのに反し腕尺関節を構成する上腕骨滑車と尺骨滑車切痕の軟骨破壊が明かに高度なものを多く経験して RA 肘関節における骨軟骨破壊の進行様式に注目した。

RA 肘関節の骨破壊の諸段階についてはX線学的に Steinbrocker 分類<sup>5)</sup>，Larsen 分類<sup>6)7)</sup>などが用いられているが，経時的進行様式については述べられていない。

そこで著者は種々な進行段階にある多数の RA 肘関

節X線写真を骨破壊の程度により stage 分類し，さらにX線写真上に著者が設定した指標を計測しそれらを統計学的に分析して RA 肘における骨破壊の進行様式とその特徴を推定した。次に経時的に骨破壊の進行を観察できた自然経過例と滑膜切除術施行例に対し直接その進行様式と時間経過を検討した。以上のデータをもとに肘関節の解剖学的，生力学的特徴から骨破壊の進行要因について考察を加えた。

## II 対象症例と検討方法

### A 症例の概要

#### 1 種々な進行段階における観察例

この目的のための対象例は RA に罹患し種々な関節破壊の段階にある75例142肘関節で全例 classical RA であり施術例は除いた。性別では女性53例100肘，男性22例42肘であった。年齢分布は31才から78才で60才代が58肘，40.8%と最も多く，罹病期間は1年から31年で10年から14年のものが最も多く43肘，30.3%を占めていた。

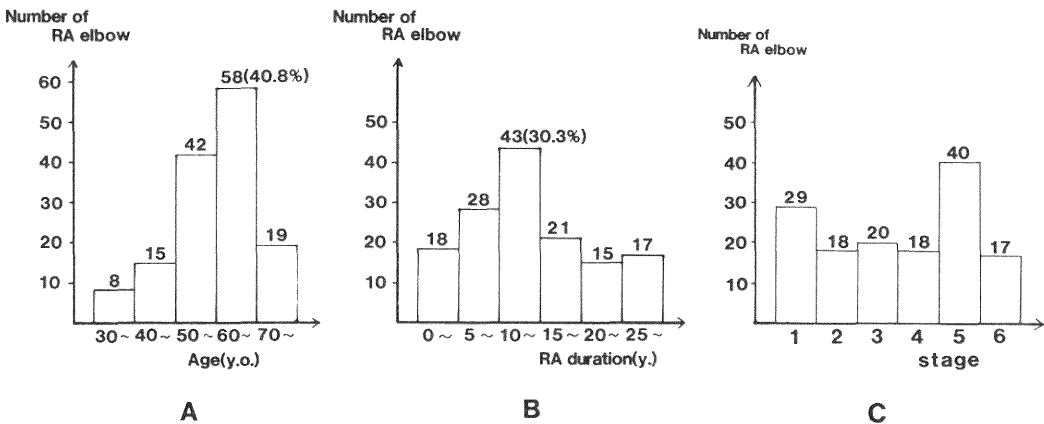


Fig. 1 142 RA-ridden elbows of 75 cases with different stages of elbow joint destruction to estimate progress of destructive process.

A: Age distribution. B: Duration of morbid period.

C: Distribution of X-p stage.

X線所見を骨、軟骨破壊の程度により以下の6段階に分類した。すなわち

- stage 1: 肘関節の骨、軟骨破壊を認めないもの
- stage 2: 関節裂隙の軽度狭小化を認めるもの
- stage 3: 関節裂隙がほとんど消失しているもの
- stage 4: 軽度の骨破壊を認めるもの
- stage 5: 高度の骨破壊を認めるもの
- stage 6: 上腕骨顆部中央部が消失し、いわゆるフォーク状変形を呈するもの

とした。

対象症例の stage 分布は stage 1 29肘, stage 2 18肘, stage 3 20肘, stage 4 18肘, stage 5 40肘, stage 6 17肘であった(図1)。

2 種々な進行段階における観察例と対比するための健常対照例

健常肘対照群として女性14例14肘, 男性6例6肘, 合計20例20肘を用いた。これらは他疾患のため当科へ入院した患者で肘関節の骨軟骨病変を認めないものとした。

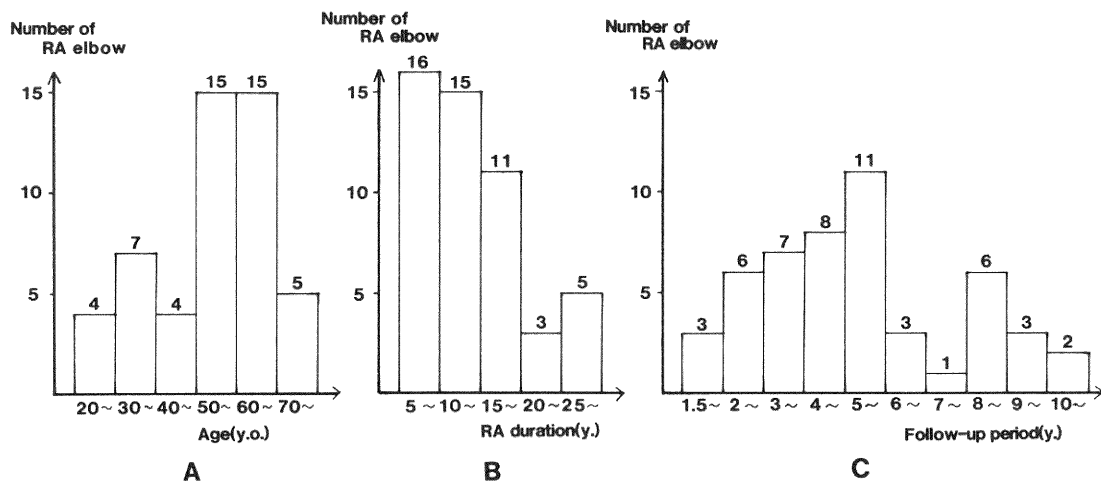


Fig. 2 Outline of 50 RA elbows of 33 cases which were followed-up.

A: Age distribution at the final observation.

B: Duration of RA at the final observation.

C: Followed-up period.

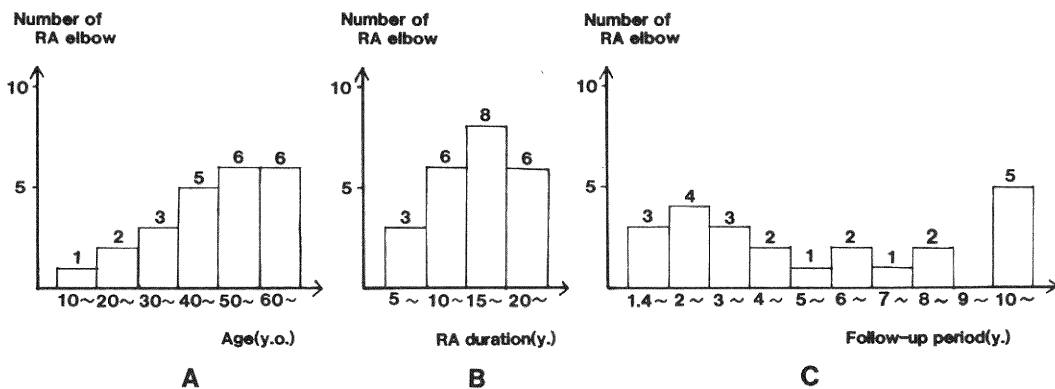


Fig. 3 Outline of synovectomized 23 RA elbows of 20 cases which were followed-up.

A: Age distribution at the operation.

B: RA duration before the final observation.

C: Post-operative followed-up period.

なお対照群の年齢は47才から72才で RA 群と平均値の有意差はない。

### 3 経時的追究例

#### a 自然経過例

対照は classical RA の33例50肘で最低3回以上のX線撮影により骨破壊の進行をX線学的に追究できたものとした。性別は女性29例46肘、男性4例4肘であった。最終X線撮影時の年齢は21才から78才で50才代と60才代が各15肘、30%と最も多く、RA 罹病期間は6年から27年で10年未満が16肘、32%、10年以上15年未満が15肘、30%であった。経過観察期間は最短1年6カ月から最長12年3カ月で5年の経過観察例が11肘で最も多かった。(図2)。

#### b 滑膜切除施術例

対象は肘関節滑膜切除施術した classical RA の20例23肘(右12肘、左11肘)で、性別は女性18例20肘、男性2例3肘であった。施術時の年齢は50才代と60才代が各6肘と最も多く、最終X線撮影時の RA 罹病期間は15年以上20年未満が8肘と多かった。術後経過観察期間は最短1年4カ月から最長14年9カ月で5年以上の経過例が11例であった(図3)。滑膜切除術は橈側進入のみによるもの19肘、それに尺側進入を追加したもの1肘、後橈側進入によるもの4肘であり全例に橈骨頭切除を行っ

た。

### B 研究方法

#### 1 種々な段階における観察

前項で述べた1の対象群と2の健常対照群に対し以下のようなX線撮影と指標設定を行い、stage ごとに上腕骨、尺骨および橈骨の指標の平均値を求め、さらに骨変化の特徴を表す指標を健常対照群値から著しく離れた値とし、健常対照群値の99%存在域( $\bar{x} \pm 2.58SD$   $\bar{x}$ : 平均値,  $SD$ : 標準偏差)を越えて変化している値の stage ごとの出現率を求めた。これらの結果から stage の進行につれて肘関節を構成するいずれの骨のいずれの部位に破壊ないし萎縮が進行するかを検討した。

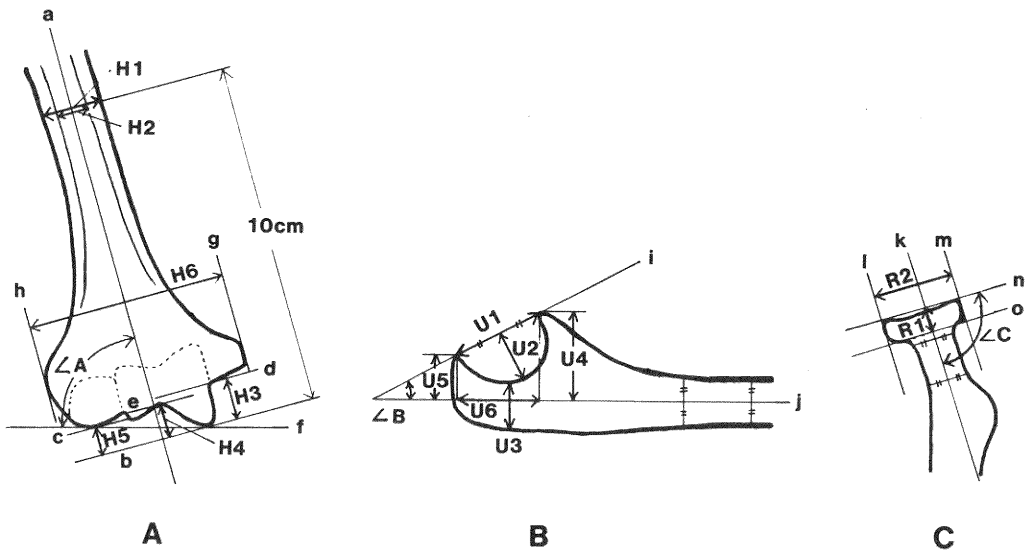
#### a X線撮影法

肘関節の前後・側面2方向撮影を行った。前後像は肘屈曲拘縮例では上腕側、前腕側を各々フィルムに密着させ別々に撮影し、また前腕回旋拘縮を伴う例では前腕撮影時、前腕伸側をフィルムに密着して撮影した。側面像は肘屈曲90°で撮影した。

#### b X線上の指標の設定と個人差の補正法

上腕骨骨幹部と顆部、尺骨滑車切痕、橈骨頭に対し以下のような指標を設定し、0.1mm までの精度で計測した。

#### 1) 上腕骨



前後像により以下のような計測を行った(図4-A)。上腕骨幹遠位部2カ所に横走する直線を引きそれらの二等分点を結ぶ線を遠位長軸(a)とし、これに直交する滑車遠位端接線(b)、小頭の遠位端接線(c)、滑車尺側縁と上腕骨内上顆との交点を通る直線(d)、滑車中心溝の近位端接線(e)を求めた。骨幹部では直線(b)から10cm 近位レベルの骨外径(H1)と内径(H2)を計測し、骨皮質の厚さは外径-内径(H1-H2)で求めた。顆部では滑車の高さ(H3)は直線b、d間の距離、滑車中心溝の深さ(H4)は直線b、e間の距離、滑車遠位端と小頭間の距離(H5)は直線b、c間の距離とした。また、滑車および小頭の遠位端を結ぶ遠位端接線(f)と長軸(a)のなす角のうち桡側・近位の角(角A)を測定した。さらには長軸(a)に平行な内上顆の接線(g)と外上顆の接線(h)間の距離を顆部横径(H6)とした。

## 2) 尺骨

滑車切痕部の側面像により以下のような計測を行った(図4-B)。滑車切痕開口径(U1)は滑車切痕の鉤状突起および肘頭掌側端を結ぶ直線(i)の両掌側端間の距離とし、この線分の垂直二等分線と滑車切痕の交わる点までの距離を滑車切痕の深さ(U2)とし、滑車切痕底部と尺骨後縁間の最短距離を滑車切痕底部の骨の厚さ(U3)とした。また近位骨幹部を横切る2カ所の直線の二等分点を結ぶ直線を近位長軸(j)とし、この長軸(j)と滑車切痕の鉤状突起掌側端との距離(U4)、肘頭掌側端との距離(U5)および長軸上での両掌側端間の距離(U6)を求めた。さらに、直線(i)と長軸(j)のなす角(角B)を測定した。

## 3) 桡骨

桡骨頭部の前後像から以下のような計測を行った(図4-C)。桡骨頸の近位部、遠位部に横に引いた2直線の二等分点を結ぶ直線を骨頭および頸部の長軸(k)とし、これに平行な骨頭桡側の接線(l)、尺側の接線(m)を求めた。また骨頭の桡側と尺側の近位端を結ぶ接線(n)および遠位端を結ぶ接線(o)を求めた。骨頭の高さ(R1)は長軸(k)上での直線n、o間の距離、骨頭の横径(R2)は直線l、m間の距離とした。また長軸(k)と直線(n)のなす角のうち尺側・遠位の角(角C)を計測した。

## 4) 個人差の補正法

以上の計測値は全て上腕骨顆部横径(H6)の平均値57mmで補正した。

## 2 経時的追究

II-A-3の経時的追究例では撮影済みのX線写真をretrospectiveに検討した。

### a 骨破壊の進行様式の検討

各症例ごとに腕肘関節と腕尺関節の骨破壊に注目し経時的にX線所見を比較検討することにより肘関節破壊の進行様式を判定した。また上腕骨顆部、尺骨滑車切痕、桡骨頭の骨破壊進行様式を検討した。

### b 骨破壊の進行に要した時間の検討

X線写真をII-A-1項で記述したstage分類により分類し、各stageから1段階の進行に要した時間をX線撮影日間の時間とし、その判明したものから各stage進行ごとに平均値を求めた。同一stageで何度かのX線撮影が行われているものは最も古いX線撮影日を用いた。

さらに自然経過例では観察開始時、滑膜切除例では施術時のstage別に各症例の観察期間とstageの推移をグラフに表し検討した。経過観察時間は年単位で表し6カ月以上を切上げ、6カ月末満を切捨てとした。

## III 検 討 結 果

### A 種々な段階における症例からの進行様式の検討

#### 1 上腕骨

stageごとの各指標の平均値(表1)をもとに前後像の変化を作図して検討した(図5)。

骨幹部骨外径(H1)はstage1~6を通して対照群と有意差は認めないが、内径(H2)はstageの進行とともに有意に拡大する傾向がみられた。このため骨皮質の厚さ(H1-H2)は各stageとも対照群と比べ有意に減少しstage5では4.1mmと対照群の1/2、stage6では3.5mmと菲薄化が進行していた。

顆部では滑車の高さ(H3)はstage5,6で有意に減少し、stage5では平均4.5mmと対照群の約1/2、stage6では1.8mmとほぼ消失していた。滑車中心部陥凹の深さ(H4)はstage6で有意に増大していた。滑車遠位端と小頭遠位端の長軸上での距離(H5)はstage5では平均0.7mmと有意に減少し両者はほとんど並び、さらにstage6では平均-8.8mmと滑車側が小頭側より近位レベルへ変化していた。滑車と小頭遠位端を結ぶ接線と上腕骨長軸とのなす角(角A)はstage5,6で有意に増大していた。

健常対照群値の99%存在域( $\bar{x} \pm 2.58SD$   $\bar{x}$ :平均値, SD:標準偏差)を越えて変化している指標のstage別の出現率(表2)はstage1~4では骨皮質の厚さ(H1-H2)の減少が最も高く、10%から39%の症例

Table 1 Mean and standard deviation of radiological parameters on humerus (mm)

	H1	H2	H1-H2	H3	H4	H5	∠A
control (n=20)	18.3±1.13	10.0±2.01	8.26±1.43	8.69±0.91	5.70±1.18	4.69±2.10	80.8±4.18
stage 1 (n=29)	18.4±1.32	11.7±2.23*	6.69±1.66*	8.96±1.37	5.49±1.55	3.78±2.31	82.9±4.24
stage 2 (n=18)	19.0±1.06	12.5±1.81*	5.53±2.17*	9.19±1.01	5.47±1.45	4.68±2.32	81.8±4.28
stage 3 (n=20)	18.4±1.10	12.1±2.11*	6.27±1.70*	9.15±1.26	5.75±1.58	4.10±2.49	82.2±5.05
stage 4 (n=18)	18.3±0.93	12.9±1.60*	5.43±1.48*	8.32±0.88	5.86±1.10	4.51±1.71	81.5±3.21
stage 5 (n=40)	18.0±1.33	13.9±2.24*	4.11±1.86*	4.54±2.69*	6.34±1.98	0.66±3.16*	89.3±6.18*
stage 6 (n=17)	19.6±5.03	16.1±4.48*	3.51±1.60*	1.76±4.03*	9.81±7.36*	-8.82±8.84*	103.1±13.6*

(\* P<0.01 vs. control)

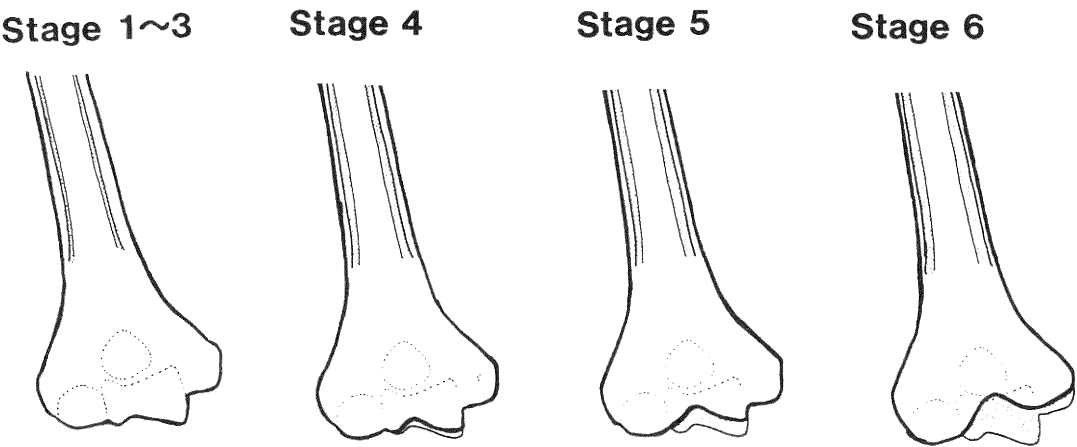


Fig. 5 Radiological characteristics of humerus in each stage based on calculated parameters.

The cortex of humerus shaft becomes thin due to expansion of inner diameter of humerus. Trochlea is progressively destructed parallel to the progress of stage. (Destructed area is shaded.)

Table 2 Percentage of parameters of humerus beyond 99% tolerance limits of control value

	H1	H2	H1-H2	H3	H4	H5	∠A
stage 1 (n=29)	6.9	6.9	10.3	3.4	10.3	3.4	0.0
stage 2 (n=18)	0.0	22.2	38.9	0.0	5.6	0.0	5.6
stage 3 (n=20)	0.0	15.0	20.0	5.0	5.0	0.0	0.0
stage 4 (n=18)	0.0	0.0	33.3	5.6	0.0	0.0	0.0
stage 5 (n=40)	5.0	22.5	75.0	75.0	12.5	27.5	27.5
stage 6 (n=17)	29.6	41.2	82.4	94.1	58.8	76.4	76.4

にみられた. stage 5 では滑車の高さ (H3) の減少と骨幹部骨皮質の厚さ (H1-H2) の減少が各々 75.0% にみられた. stage 6 ではさらに滑車と小頭遠位端を結ぶ接線と長軸のなす角 (角A) の拡大, 滑車遠位端と小頭遠位端の距離 (H5) の減少が各々 76.4% にみられた.

骨幹部では stage 1 から骨皮質菲薄化による骨内径の拡大がみられ stage 進行とともに進行し, 顆部では骨破壊は滑車から始まりかつ進行すると判定した.

## 2 尺骨滑車切痕

stage ごとの各指標の平均値 (表 3) をもとに側面像の変化を作図し検討した (図 6).

stage 4 以上で滑車切痕の深さ (U2) の有意な拡大, 滑車切痕の底部の骨の厚さ (U3) の有意な減少が認められた. さらに stage 5 以上では滑車切痕開口径 (U1) の有意な拡大を認めた. 尺骨近位部長軸 (j) と滑車切痕の鉤状突起および肘頭掌側端を結ぶ直線 (i) のなす角 (角B) は stage 5 以上で有意に減少し stage 5 で  $14.4^\circ$ , stage 6 で  $3.9^\circ$  となっていた. 角Bは  $\tan B = (U4 - U5) / U6$  で表される. 尺骨近位部長軸と滑車切痕掌側端の距離のうち肘頭側 (U5) は各 stage とも有意差はないが鉤状突起側 (U4) は stage 5 以上で有意に減少し, また長軸上での両端の距離 (U6) は stage 4 以上で有意に拡大を示したことから, 角B

**Table 3** Mean and standard deviation of radiological parameters on ulna (mm)

	U1	U2	U3	U4	U5	U6	∠B
control (n=20)	23.3±2.09	11.8±1.27	17.0±1.13	28.3±2.82	18.2±2.00	20.4±2.39	25.2±4.60
stage 1 (n=29)	23.7±1.89	12.0±1.35	16.7±1.14	27.6±1.62	18.5±2.68	21.6±1.66	22.9±6.70
stage 2 (n=18)	23.7±2.36	12.4±1.32	16.1±1.20	27.1±2.36	17.7±2.61	21.7±2.60	23.7±5.20
stage 3 (n=20)	23.8±2.15	13.0±1.55	16.3±1.73	26.6±2.24	18.4±2.58	22.2±2.20	21.4±5.37
stage 4 (n=18)	24.9±2.23	14.5±1.79*	14.4±1.79*	26.8±3.16	17.6±2.82	23.2±2.13*	22.2±2.80
stage 5 (n=40)	26.8±3.41*	17.0±2.40*	10.1±3.12*	24.2±3.05*	17.9±2.28	25.5±3.57*	14.4±7.69*
stage 6 (n=17)	37.5±15.6*	19.7±4.62*	7.7±3.36*	21.2±4.04*	20.2±4.61	37.0±15.5*	3.89±8.28*

(\* P<0.01 vs. control)



**Fig. 6** Radiological characteristics of trochlear notch in each stage based on calculated parameters.

Trochlear notch is progressively destructed from its midportion and coronoid side. (Destructed area is shaded.)

**Table 4** Percentage of parameters of ulna beyond 99% tolerance limits of control value

	U1	U2	U3	U4	U5	U6	∠B
stage 1 (n=29)	0.0	3.4	0.0	0.0	6.9	0.0	6.9
stage 2 (n=18)	0.0	0.0	11.1	0.0	0.0	5.6	5.6
stage 3 (n=20)	0.0	5.0	5.0	0.0	5.0	0.0	6.0
stage 4 (n=18)	5.6	38.9	33.3	11.1	5.6	5.6	0.0
stage 5 (n=40)	22.5	80.0	87.5	45.0	0.0	45.0	50.0
stage 6 (n=17)	64.7	88.2	100	76.5	23.4	88.2	88.2

の減少はU 4 の減少とU 6 の増大によるものと考えられた。

健常対照群値の99%存在域 ( $\bar{x} \pm 2.58SD$   $\bar{x}$  : 平均値, SD : 標準偏差) を越えて変化している指標の stage 別出現率 (表 4) では stage 4 で滑車切痕の深さ (U 2) の拡大とその底部の骨の厚さ (U 3) の減少が各々 38.9%, 33.3% にみられ stage 5 では各々 80.0%, 87.5% にみられた。stage 6 ではこれらの指標のほかさらに角Bの減少と滑車切痕の鉤状突起先端と肘頭側先端の長軸上での距離 (U 6) の拡大がそれぞれ 88.2% にみられた。

滑車切痕はその底部から鉤状突起側への骨破壊により拡大すると判定した。

### 3 橈骨頭

stage ごとの各指標の平均値 (表 5) をもとに前後像の変化を作図し検討した (図 7)。

骨頭の高さ (R 1) は stage 4 以上で有意に減少し stage 4 では 4.9mm, stage 5 では 2.5mm となり stage 6 では 0.4mm とほとんど消失していた。骨頭の横径

(R 2) は stage 5, 6 で有意に減少し stage 6 では 10.7mm と対象群値の約 1/2 となっていた。骨頭および頸部の長軸と骨頭近位端接線のなす角 (角C) は stage 4 以上で有意に減少していた。

健常対照群の99%存在域 ( $\bar{x} \pm 2.58SD$   $\bar{x}$  : 平均値, SD : 標準偏差) を越えて変化している指標の stage 別出現率 (表 6) は stage 5 では角Cの減少を 60.6% に、骨頭横径 (R 2) の減少を 45.0% に認めた。stage 6

**Table 6** Percentage of parameters of radius beyond 99% tolerance limits of control value

	R1	R2	∠C
stage 1 (n=29)	3.4	3.4	3.4
stage 2 (n=18)	0.0	11.1	5.5
stage 3 (n=20)	15.0	0.0	10.0
stage 4 (n=18)	16.7	22.2	16.7
stage 5 (n=40)	72.5	45.0	60.0
stage 6 (n=17)	94.1	94.1	76.5

**Table 5** Mean and standard deviation of radiological parameters on radius (mm)

	R1	R2	∠C
control (n=20)	7.85±1.39	20.9±1.30	88.3±3.24
stage 1 (n=29)	6.53±1.16	20.9±1.45	86.7±3.22
stage 2 (n=18)	6.71±1.03	21.6±1.85	88.9±3.94
stage 3 (n=20)	5.84±1.37	21.0±1.67	86.4±4.73
stage 4 (n=18)	4.91±1.72 *	22.2±3.07	82.6±6.74 *
stage 5 (n=40)	2.49±2.35 *	17.9±4.99 *	75.0±12.2 *
stage 6 (n=17)	0.38±1.23 *	10.7±3.51 *	71.4±15.3 *

(\* P<0.01 vs. control)

### Stage 1~3



### Stage 4



### Stage 5



### Stage 6



**Fig. 7** Radiological characteristics of radius head in each stage based on calculated parameters.

Radius head is progressively destructed from its proximo-ulnar side.  
(Destructed area is shaded.)



では各指標とも変化を認め、stage 5 と比較すると骨頭の高さ (R 2) の減少を示す比率が 45.0% から 94.1% へと最も大きく増加していた。

骨頭は stage 5, 6 で高さ、前後径とも減少し前後像では尺側から骨破壊が進行すると判定した。

## B 経時的追究

### 1 骨破壊進行様式の検討

#### a 自然経過例

腕橈関節、腕尺関節の破壊に注目し肘関節破壊の進行様式を3つの Type に分類した。

Type 1 は骨破壊が腕尺関節から開始されかつ進行するもの (図 8) で対象50肘中39肘、78%を占めていた。腕尺関節は関節裂隙の狭小化に続き上腕骨滑車と尺骨滑車切痕の骨破壊が進行し、X線前後像では腕尺関節の関節裂隙は拡大するようにみえる。これに対し腕橈関節では関節裂隙の狭小化は認めるが上腕骨小頭、橈骨頭は比較的良好的形態を保っていた。さらに腕尺関節の骨破壊が進行し滑車中心部が深く陥凹した6肘では腕橈関節の強い破壊がみられた。

Type 2 は腕橈関節の骨破壊が先行するもの (図 9) で4肘、8%に認めた。腕橈関節の破壊は小頭部と橈骨頭が同時に破壊されるもの2肘、橈骨頭が消失するもの1肘、小頭部がおもに破壊されるもの1肘であり、腕橈関節破壊後、腕尺関節の破壊が進行していた。

Type 3 は腕橈関節、腕尺関節の骨破壊がほぼ同程度に進行するもの (図10) で7肘、14%を認めた。上腕骨滑車部、小頭部、滑車切痕、橈骨頭の骨破壊がほぼ同程度に進行していた。

次に肘関節の各構成要素ごとに破壊の進行を検討した。

上腕骨滑車は全例で骨破壊進行を認め滑車全体が一様に破壊されていくもの26肘、中心溝から破壊が進行するもの24肘がみられた。上腕骨小頭の骨破壊はほとんど無いか軽度のもの40肘、高度のもの10肘であり、骨破壊の進行が判定できた33肘では掌側または掌側遠位部から進行していた。

尺骨滑車切痕は側面像では骨破壊進行にともない全例で開口径の拡大と滑車底部の骨の厚さの減少を認め、また鉤状突起の高さの減少を39肘に認めた。骨破壊の著し

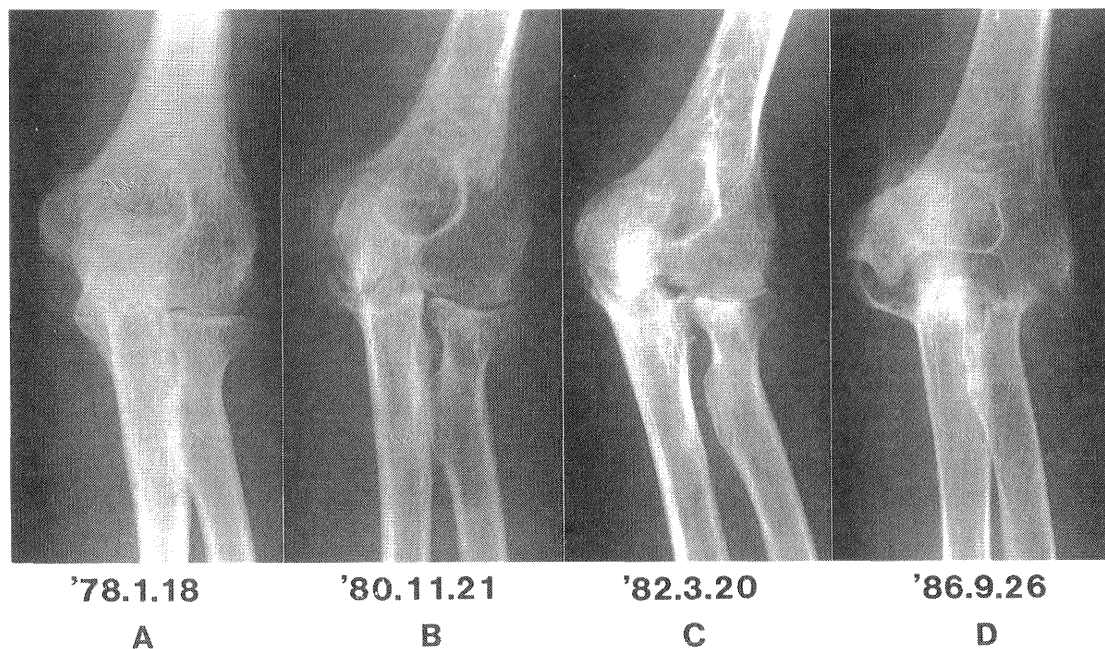


Fig. 8 Type 1 of RA elbow joint with predominant destruction of humeroulnar joint.

A: Humeroulnar joint space narrowed.

B: Marked destruction of central sulcus of trochlea.

C: Relatively well preserved humeroradial joint.

D: Final stage with severe destruction of both humeroulnar and humeroradial joint.

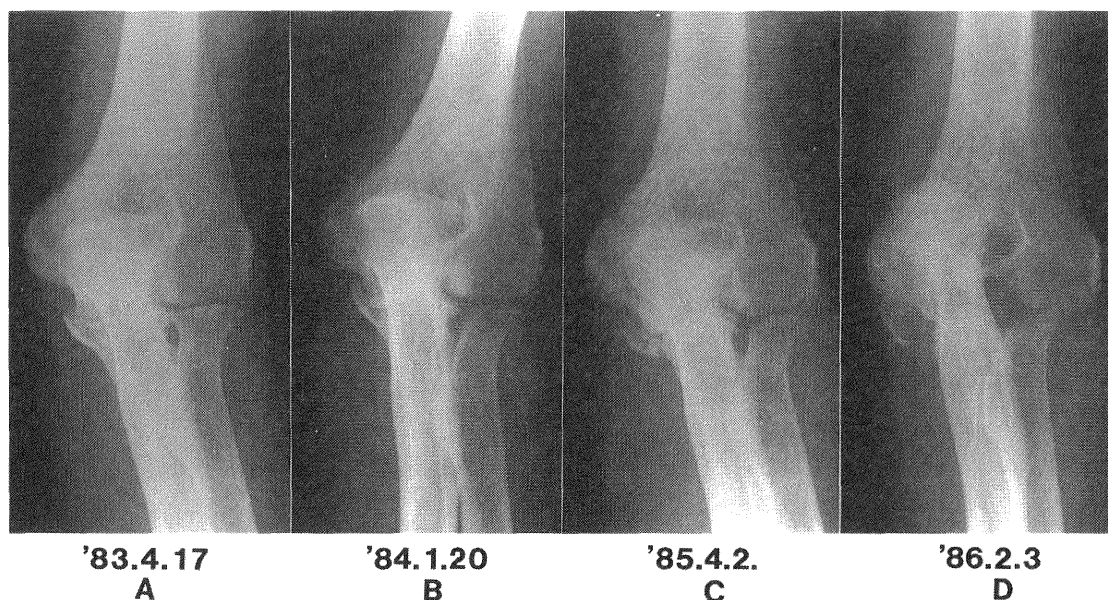


Fig. 9 Type 2 of RA elbow joint with predominant destruction of humeroradial joint.

- A: More marked destruction of humeroradial joint.
- B: Radius head disappearing with progressive destruction of humeroradial joint.
- C: Marked destruction of central portion of trochlea combined with that of humeroradial joint.
- D: Severe destruction of both humeroradial and humeroulnar joint.

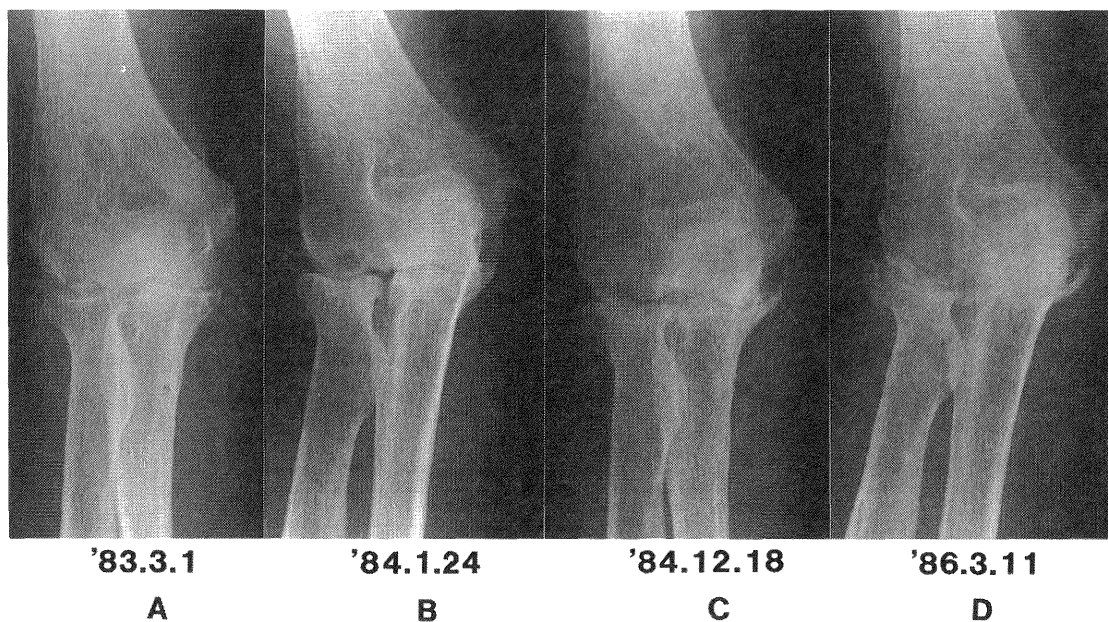


Fig. 10 Type 3 of RA elbow joint with concurrent destruction of both humeroulnar and humeroradial joint.

- A: Without obvious destruction.
- B: Both humeroulnar and humeroradial joint space narrowed with cystic change at capitulum.
- C: Both humeroulnar and humeroradial joint destruction is the same grade.
- D: Further destruction of both humeroulnar and humeroradial joint.

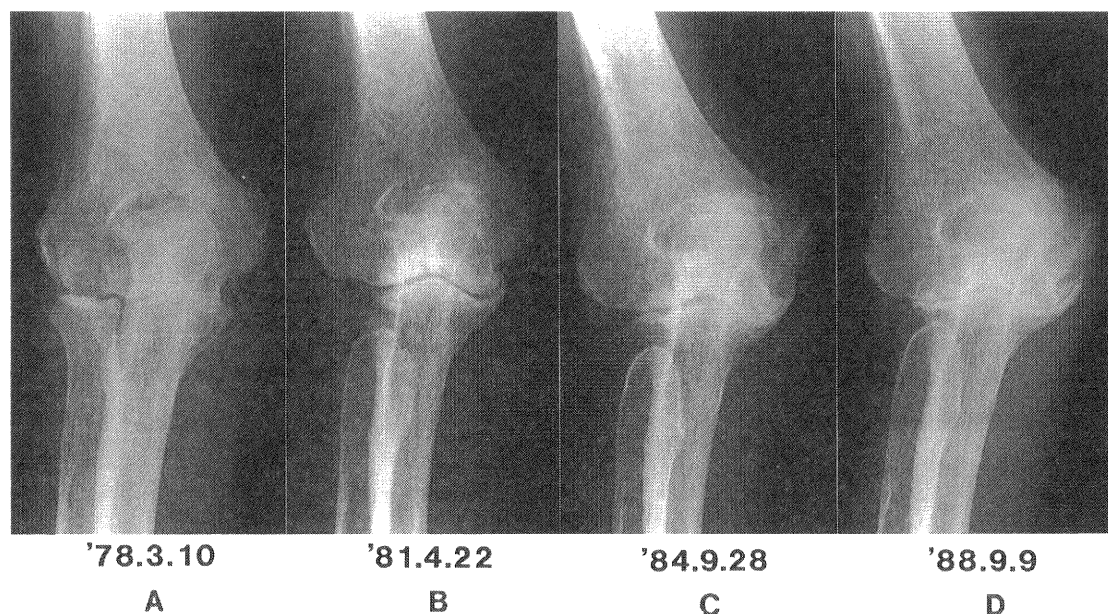


Fig. 11 RA elbow joint with synovectomy and radius head removal.  
Destruction at central sulcus of trochlea and osteophyte formation at radial and ulnar ridges of sigmoid notch.  
A: Pre-operative appearance. Narrowing of joint space.  
B: Post-op. 3 years. Sclerotic change at humeroulnar joint.  
C: Post-op. 6.5 years. Destruction of trochlea and osteophyte formation at sigmoid notch.  
D: Post-op. 10 years. Marked osteophyte formation at sigmoid notch.

く進行した9肘では側面像での滑車切痕底部の骨の厚さの著しい減少とこれに対応する前後像での滑車切痕中央部の狭細化がみられた。

橈骨頭は骨破壊を認めぬ7肘を除く43肘でその高さと横径の減少を認め、骨破壊の進行様式を判定できた27肘では4肘に経過中、扁平化による横径の著しい拡大を認めた。また前後像では17肘で近位尺側から、10肘で近位から一様に進行する骨破壊を認めた。また掌側亜脱臼を9肘に、橈側亜脱臼を7肘に認めた。

#### b 滑膜切除術例

橈骨頭切除が滑膜切除を施した20例23肘全例に行われているため腕尺関節、特にその橈側部で骨破壊や骨棘形成を認めた(図11)。上腕骨では腕尺関節の関節裂隙の狭小化のみを認めた2肘を除く21肘に滑車の破壊を認め、中心溝から橈側部で進行していた。尺骨滑車切痕は側面像では21肘に拡大を認め、滑車切痕底部の骨の厚さの減少と開口径の拡大がみられ、これらの変化を認めなかった2肘では骨硬化像を認めた。また前後像では18肘に遠

位部の尺側縁と橈側縁に骨棘形成を認めた。骨頭切除された橈骨近位端は2肘で腕尺関節の破壊による尺骨の近位への移動と肘外反変形にともない上腕骨小頭部と接していた。

#### 2 骨破壊の進行に要した時間の検討

##### a 自然経過例

各 stage から1段階の進行に要した時間を検討すると stage 1 から2への進行に要した時間の判明したものは4肘でその平均値±標準誤差は1年10カ月±4カ月、stage 2 から3は11肘で1年±2カ月、stage 3 から4は21肘で1年4カ月±3カ月、stage 4 から5は32肘で1年11カ月±2カ月、stage 5 から6は9肘で2年6カ月±7カ月であった。

経過観察開始時の stage 別に各症例の経過を検討すると観察開始時 stage 1 の15肘(図12-A)の最終観察時の stage は stage 4 3肘、stage 5 11肘、stage 6 1肘で、うち7肘が stage 5 への進行に4年～6年を要していた。観察開始時 stage 2 の18肘(図12-B)の

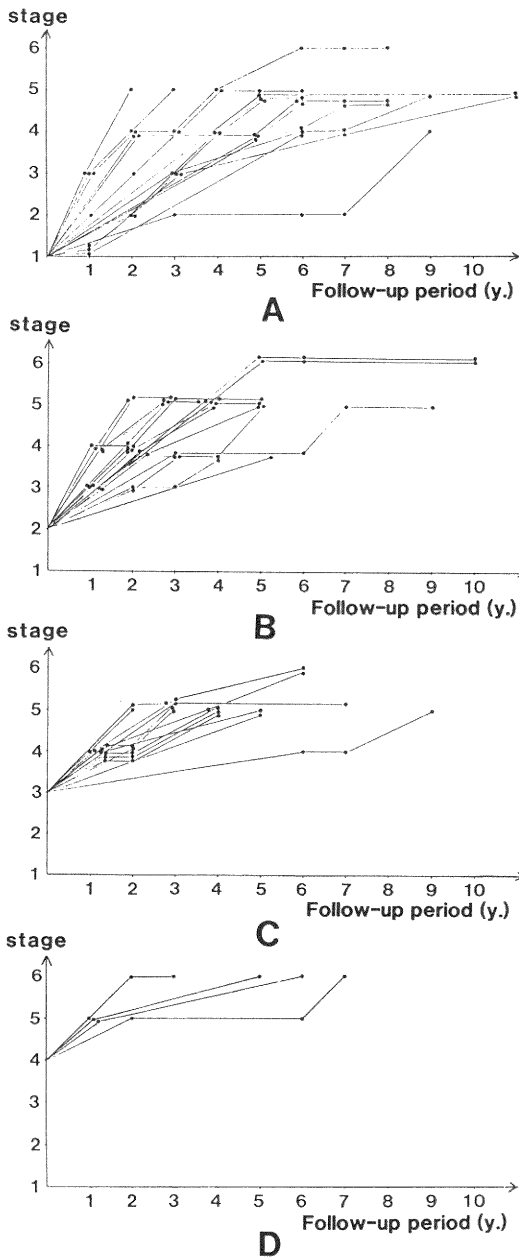


Fig. 12 Correlation of stage progression and the time required for it in nonoperated cases.

- A: 15 elbows with stage 1 at the initial examination and the progress ensued.
- B: 18 elbows with stage 1 at the initial examination and the progress ensued.
- C: 13 elbows with stage 1 at the initial examination and the progress ensued.
- D: 4 elbows with stage 1 at the initial examination and the progress ensued.

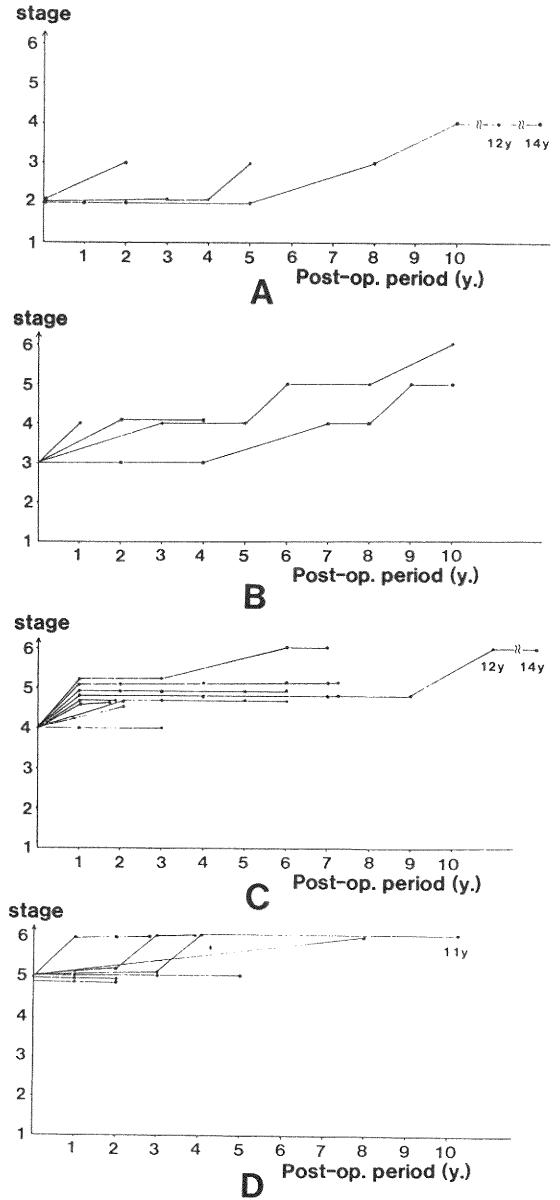


Fig. 13 Correlation of stage progression and the time required for it in synovectomized cases.

- A: 3 elbows with stage 2 at the operation and the progress ensued.
- B: 4 elbows with stage 3 at the operation and the progress ensued.
- C: 9 elbows with stage 4 at the operation and the progress ensued.
- D: 7 elbows with stage 5 at the operation and the progress ensued.

最終観察時の stage は stage 4 5肘, stage 5 11肘, stage 6 2肘で, うち8肘が stage 5 への進行に3年～4年を要していた. また観察開始時 stage 3 の13肘 (図12-C) の最終観察時の stage は stage 5 11肘, stage 6 2肘で, うち8肘が3年～4年の経過で stage 5 へ進行していた. さらに観察開始時 stage 4 の4肘 (図12-D) は最終観察時, 全例 stage 6 へ進行しており stage 6 への進行に2年を要した1例を除き5年～7年を要していた.

#### b 滑膜切除施術例

各 stage から1段階の進行に要した時間を検討すると stage 2 から3への進行に要した時間の判明したものは3肘でその平均値±標準誤差は4年6カ月±1年8カ月, stage 3 から4は4肘で2年2カ月±4カ月, stage 4 から5は9肘で1年1カ月±4カ月, stage 5 から6は7肘で5年1カ月±1年4カ月であった.

施術時の stage 別に各症例の経過を検討すると stage 2 の3肘 (図13-A) は stage 3 へ2年～8年を要し進行し, うち1肘が stage 4 へ進行していた. stage 3 の4肘 (図13-B) は stage 4 へ1年～7年を要し進行し, さらに最終観察時 stage 5, stage 6 へ進行したものは各1肘であった. stage 4 の9肘 (図13-C) は stage 4 に留まる1肘を除き1～2年の経過で stage 5 へ進行し, うち2肘が施術時より各6年, 10年の経過で stage 6 へ進行していた. stage 5 の7肘 (図13-D) のうち3肘は stage 5 に留まり, 残りの4肘が1年～8年の経過で stage 6 へ進行していた.

## IV 考 察

### A X線による RA 肘関節骨破壊の進行様式の検討

RA 肘関節は骨破壊によりX線上様々な形態を示す. このX線所見に対し種々な分類法があり Steinbrocker らによる stage 分類<sup>5)</sup> や Larsen による Grade 分類<sup>6)</sup> が広く用いられている. これらの分類法は特定の進行段階にある骨破壊の程度を表すものであり, 骨破壊の経時的進行様式に関しては言及しておらず, 骨破壊がどの部位から始まりどの様に進行して行くかをX線学的に追究したものはこれまでにみられない.

今回, RA 肘関節の骨破壊の進展様式を追究するため二つの方法を採用した. その一つは種々な段階における多数例のX線所見を骨破壊の程度により6段階に分類したうえ, 上腕骨, 尺骨および橈骨からなる肘関節構成単位のX線所見に著者は独自の指標を設定しその計測結果の統計学的分析により骨破壊の進行様式を検討した.

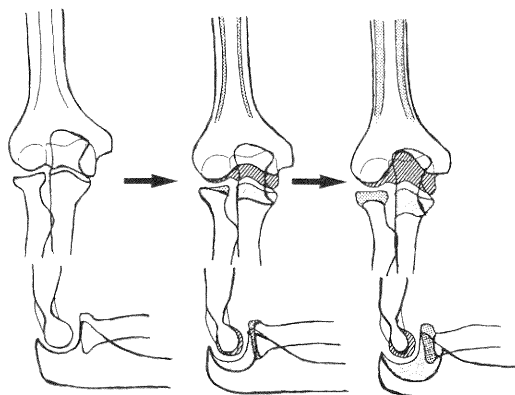


Fig. 14 Presumed progress of joint destruction in RA elbow joint. (Destroyed area is shaded.)

もう一つは症例ごとの経時的なX線所見で骨破壊の進行様式を直接観察した.

以上の2つの対象群の検討結果から RA 肘関節の骨破壊の進行様式を以下のように推論した (図14).

上腕骨骨幹部では肘関節骨破壊の認められる以前に骨皮質菲薄化による骨内径の拡大がみられ関節破壊の進行にともない進行する.

RA 肘関節の骨破壊は大多数例で腕尺関節で開始されかつ進行するが上腕骨滑車では遠位方向から一様に破壊されるものと中心溝から破壊されるものが存在する. 尺骨滑車切痕はその底部から鉤状突起側で骨破壊が進行することにより拡大し, 滑車切痕底部の骨の厚さと鉤状突起の高さは減少する.

腕橈関節は大多数例で腕尺関節に比べ骨破壊の開始が遅くその進行も遅いが関節破壊の進行したものでは上腕骨小頭, 橈骨頭の破壊がみられ小頭は掌側または掌側遠位方向から, 橈骨頭は近位尺側から骨破壊が進行し, また掌側亜脱臼や橈側亜脱臼を生ずる症例がある.

少数例では腕橈関節の破壊が先行するものや腕橈関節・腕尺関節の破壊が同程度に進行するものが存在する.

また滑膜切除施術例では腕尺関節, 特にその橈側部で骨破壊が進行する. 上腕骨滑車は中心溝からその橈側部で骨破壊が進行し, 尺骨滑車切痕は拡大し前後像ではその遠位部の尺側縁と橈側縁で骨棘形成がみられる.

### B 肘関節の機能解剖学的視点からの骨破壊の進行要因の検討

前項で推論した骨破壊の進行様式に関する要因について生力学的, 解剖学的に検討した.

肘関節での力の伝達は肘屈伸角度と前腕回旋角度によ

り変化するため解析が複雑であり、肘関節の生力学的報告<sup>8)9)10)11)12)13)14)</sup>は膝関節や股関節などと比べ少ない。長軸方向の力の伝達を腕橈関節成分と腕尺関節成分に分け検討すると両者はほぼ同程度か正常肘関節は進展位で外反を呈するため腕橈関節に大きいといわれ、Halls<sup>14)</sup>は伸展位での長軸方向の荷重では腕橈関節57%、腕尺関節43%と報告し、また Amis ら<sup>8)9)</sup>は運動時、屈曲では腕橈関節に、伸展では腕尺関節に大きいと報告した。これらの力学的分析結果からは骨破壊は腕橈関節・腕尺関節はほぼ同程度か腕橈関節に強く現れる可能性がある。

しかし RA にともなう関節破壊は滑液中の lysosomal enzyme による軟骨表面の変性のほかさらに重要な破壊要因として軟骨周囲の滑膜付着部 (synovio-cartilage junction) からの pannus の侵食が報告されている<sup>15)16)</sup>。

肘関節は滑膜関節であり関節全体が滑膜で覆われ、さらに尺骨滑車切痕では関節面の中央に軟骨および軟骨下骨が欠損した、いわゆる bare area があり滑膜が存在する。Tillman ら<sup>17)</sup>はこの形態と頻度を調べ、軟骨が完全に欠損したもの63%、部分的に欠損したもの34%、欠損のないもの2%と報告した。同部の滑膜炎から骨軟骨破壊が進行し、時には肘頭内へ滑膜が進入し滑膜嚢腫を作ることがある。

さらに肘屈伸時、同部はその底部から鉤状突起部へ向かう力を受け、またこれと相対する上腕骨滑車ではその遠位部に近位方向への力を受けながら運動する<sup>9)</sup>。これらの力の方向と骨破壊の進行方向とは一致しており、滑膜炎による滑車切痕中央の骨軟骨破壊に肘屈伸による摩擦が加わることが腕尺関節破壊の要因と考えられた。

また滑膜炎による骨軟骨破壊や関節包の伸展により肘関節の不安定性が生じ易い。上腕骨滑車の中心溝から橈側の関節面は肘内反・外反時の支点になるといわれ<sup>12)</sup>、同部に力が集中し骨破壊が進行すると推測された。

腕尺関節の骨破壊が先行すると腕橈関節を通る長軸介達力が増した肘関節屈伸時、主に尺骨に付着する上腕筋や上腕三頭筋の牽引により尺骨は近位方向へ移動するため肘関節は内反傾向を示す。このため橈骨頭では特にその尺側への力が増大し同部の骨破壊が進行すると考えられた。また橈骨頭は靱帯内面が滑膜に覆われた輪状靱帯により尺骨に繋がれており、滑膜炎により靱帯が弛緩・断裂し橈骨頭が不安定となると、その尺側への力により橈側へ押し出され橈側亜脱臼を、上腕二頭筋による掌側への牽引により掌側亜脱臼を起こすと考えられた。

上腕骨小頭の関節面は掌側部にのみ存在し、同部への力は肘屈曲時、屈曲 0°~30°で遠位部に最も大きいと

いわれ<sup>9)12)</sup>、今回観察した骨破壊の進行と一致していた。

約80%の症例で骨破壊は腕尺関節から進行し、他の20%では腕橈関節からまたは腕橈・腕尺関節は同程度に骨破壊が進行していた。後2者の骨破壊進行要因として滑車切痕中央の軟骨欠損のないものや滑膜炎の弱いものでは腕尺関節の破壊が軽度であり長軸方向の力が腕橈関節に相対的に大きくかかることが腕橈関節破壊をきたすことや、著しく強い滑膜炎を伴うものでは関節全体が急速に破壊されることが考えられた。

滑膜切除施術例では橈骨頭切除により肘関節の長軸方向の力が腕尺関節に集中し、また肘屈曲時、外反傾向が生ずるため内側側副靱帯に強い緊張がかかると同時に腕尺関節の橈側部に体重の9倍もの力が集中するといわれ<sup>8)</sup>、上腕骨滑車、特にその橈側部の骨破壊や骨硬化、尺骨滑車切痕の拡大とその遠位橈側縁および尺側縁の内側側副靱帯付着部の骨棘形成は上述した生力学要因によると考えられた。

### C 骨破壊の進行速度について

骨破壊のおよその進行速度を知ることは患者の今後のADL (Activities of daily living) 障害を予想する上での目安となり有益であるが、症例により大きな違いがあることが判明した。従来このような報告がみられなかった理由は症例によるばらつきが大きすぎ一定の傾向を見定めにくかったためと推定される。肘関節のRA罹患率はRA患者の20%から55%と言われ、またRAによると推定される軽度の肘関節病変はあってもほとんど進行しないものがある。本検討では骨破壊の進行を認めるもののみを対象とした。

自然経過例で各 stage の進行に要した時間を合計すると stage 1 から6への進行には8年7カ月を要することとなる。観察開始時の stage 別経時的変化を示すグラフ (図12) を検討すると stage 1 から5への変化は比較的直線的に進行したものが多かった。しかし stage 5 から6へ進行したものは stage 5 以上へ進行した42肘中9肘であり進行に要した時間は他の stage 進行時間に比べ長い。さらに stage 5 から6へ進行していない33肘中14肘は stage 5 で4カ月~6年3カ月、平均2年1カ月の間隔においてX線撮影されていた。これらの結果から stage 6 への進行には時間を要し、またいわゆる mutilans 型の変化である stage 6 へは進行せず stage 5 に留まるものと推測された。

肘滑膜切除術後の臨床症状の改善は多くの報告にみられるが骨破壊進行予防効果に関する評価は一致しない<sup>18)19)20)21)</sup>。骨破壊のX線評価は術前と予後調査時との



比較や対側の非手術肘との比較により行っている報告が多い。本検討では自然経過群と滑膜切除群間で各 stage から1段階の進行に要した時間の平均値を比較するとはいえ、滑膜切除術により骨破壊進行の遅延効果があったとはいえないが、stage 2 から3, 3 から4, 5 から6 への進行に要した時間は滑膜切除群が長くなっておりさらに症例数を増やし検討を要すると考えられた。

## V 総括および結語

1. 種々な進行段階にある RA 肘関節75例142肘のX線所見を骨破壊の程度により6段階に分類し、さらにX線上に設けた指標を計測し統計学的分析を行い以下の結論をえた。(a)上腕骨骨幹部では stage 1 から骨皮質の菲薄化が認められその変化は stage 進行とともに進行していた。上腕骨顆部では骨破壊は stage 5 以上で滑車から始まりかつ進行していた。(b)尺骨滑車切痕は stage 4 以上で滑車切痕中央部から鈎状突起部での骨破壊の進行により拡大していた。(c)橈骨頭は stage 5, 6 で近位尺側からの骨破壊進行を認めた。

2. X線所見を直接経時的に追及できた RA 肘関節の検討から以下の結論を得た。自然経過例33例50肘の検討から(1)骨破壊の進行様式には3つのタイプがあり、腕尺関節から破壊が進行するもの78%, 腕橈関節から進行するもの8%, 腕橈関節・腕尺関節の破壊がほぼ同程度に骨破壊の進行するもの14%であった。(2)各 stage から1段階の進行に要した時間の平均値は stage 1 から2では1年10カ月, 2から3では1年, 3から4では1年4カ月, 4から5では1年11カ月であり42肘が stage 5 へ進行していたが stage 5 から6へ進行したものはこのうち9肘でこの stage 進行には2年6カ月を要し他の stage 進行に要した時間と比べ長かった。次に滑膜切除術例20例23肘の検討から(3)骨破壊は腕尺関節, 特にその橈側部から進行していた。上腕骨では21肘に滑車の破壊を認め、中心溝から橈側部で進行していた。尺骨滑車切痕は側面像では拡大を21肘に認め、また前後像では18肘に遠位部尺側縁と橈側縁で骨棘形成を認めた。(4)各 stage から1段階の進行に要した時間の平均値は stage 2 から3では4年6カ月, 3から4では2年2カ月, 4から5では1年1カ月, 5から6では5年1カ月であった。

3. 上述1, 2の結論から RA 肘関節の骨破壊の進行様式およびその要因について(1)自然経過例では骨皮質の菲薄化による上腕骨骨幹部骨内径の拡大が肘関節破壊

の認められる以前にみられ関節破壊進行にともない進行する。肘関節の骨破壊は大多数例で腕尺関節から開始されかつ進行する。この要因として滑車切痕中央の関節軟骨欠損部の滑膜炎による同部の骨軟骨破壊に肘関節の屈伸運動が加わり、上腕骨滑車と尺骨滑車切痕が破壊され腕尺関節の骨破壊が進行すると考えられた。(2)滑膜切除術例では腕尺関節の橈側部から骨破壊が進行する。この要因として橈骨頭切除により肘関節での長軸方向の力が腕尺関節に集中すること、肘の外反傾向が生ずるため内側副靱帯に強い緊張がかかると同時に腕尺関節の橈側部に力が集中することが考えられた。また各 stage から1段階の進行に要した時間の平均値を自然経過群と滑膜切除術群間で比較したと有意差は認められず、滑膜切除術が関節破壊の進行を遅延させることを証明することはできなかった。

本稿を終えるにあたり、終始御指導、御校閲いただきました田島達也教授に深謝いたします。また、多くの症例を提供して頂いた新潟県立瀬波病院整形外科部長 村澤章先生に感謝の意を表します。

(本論文の要旨は第15回、第16回リウマチ関節外科学会において発表した。)

## 参 考 文 献

- 1) Jacoby, R.K., Jayson, M.I.V. and Cosh, J. A.: Onset, early stages and prognosis of rheumatoid arthritis: A clinical study of 100 patients with 11-year follow-up. *Brit. Med. J.*, 2: 96~100, 1973.
- 2) Porter, B.B., Park, N., Leeds, C.R. and Vanio, K.: Rheumatoid arthritis of the elbow: The results of synovectomy. *J. Bone Joint Surg.*, 56-B: 427~437, 1974.
- 3) Sèze, S.D., Debeyre, N., Djian, A. and Manual, R.: The elbow joint. *International congress series No. 61. Excerpta Medica*, Amsterdam, 115~123, 1963.
- 4) Brumfield, R.H. and Resnick, C.T.: Synovectomy of the elbow in rheumatoid arthritis. *J. Bone Joint Surg.*, 67-A: 16~20, 1985.
- 5) Steinbrocker, O., Traeger, C.H. and Batterman, R.C.: Therapeutic criteria in rheumatic arthritis. *J. Amer. Med. Ass.*, 140: 659~662, 1949.

- 6) Larsen, A.: Radiologic grading of rheumatoid arthritis. *Scand. J. Rheumatology*, 2: 136~138, 1973.
- 7) Larsen, A.: The value of individual joints for radiologic assessment of rheumatoid arthritis. *Scand. J. Rheumatology* 5: 119~123, 1976.
- 8) Amis, A.A., Dowson, D., Wright, V. and Miller, J. H.: The derivation of elbow joint forces and their relation to prosthesis design. *J. Med. Eng. Technol.*, 3: 229~234, 1979.
- 9) Amis, A.A., Dowson, D. and Wright, V.: Elbow joint force predictions for some strenuous isometric actions. *J. Biomechan.*, 13: 765~775, 1980.
- 10) Amis, A.A., Miller, J.H., Dowson, D. and Wright, V.: Biomechanical aspects of the elbow joint forces related to prosthetic design. *Engin. Med.*, 10: 65, 1971.
- 11) Morrey, B.F.: The elbow and its disorders. W.B. Saunders, Philadelphia, 43~61, 1985.
- 12) Morrey, B.F., An, K.N. and Stormont, T.J.: Force transmission through the radial head. *J. Bone Joint Surg.*, 70-A: 250~256, 1988.
- 13) Pauwels, F.: Biomechanics of locomoter apparatus. Translated by P. Maqurt and F. Furlong, Spring-Verlag, New York, 408~429, 1980.
- 14) Halls, A.A., Travill, R.: Transmission of pressure across the elbow joint. *Anat. Rec.*, 150: 243~247, 1964.
- 15) Hamerman, D.: Cartilage change in the rheumatoid joint: *Clin. Orthop.*, 64: 91~97, 1969.
- 16) Kobayashi, I., Ziff, M.: Electron microscopic studies of the cartilage-pannus junction in rheumatoid arthritis. *Arthritis Rheum.*, 18: 475~483, 1975.
- 17) Tillman, B.: A contribution to the function morphology of articular surfaces. Translated by G. Konarza. Georg Thieme, P.S. G. Publishing, Stuttgart, 9~14, 1978.
- 18) Inglis, A.E., Ranawat, C.S. and Straub, L.R.: Synovectomy and débridement of the elbow in rheumatoid arthritis. *J. Bone Joint Surg.*, 53-A: 652~662, 1971.
- 19) Rymaszewski, L. A., Mackay, I., Amis, A. A. and Miller, J.H.: Long-term effects of excision of radial head in rheumatoid arthritis. *J. Bone Joint Surg.*, 66-B: 109~113, 1984.
- 20) 木村千伋：関節リウマチにおける肘関節滑膜切除術。リウマチ外科，2：29~34，1974。
- 21) 三浪三千男，中下 健，石井清一，薄井正道，村松郁夫，荻野利彦：肘関節リウマチに対する滑膜切除術の長期観察。リウマチ外科，7：124~129，1979。  
(昭和63年11月9日受付)