

岡大式 Mark-II 人工膝関節の X 線学的研究 —特に臨床成績との関連について—

岡山大学整形外科学教室（主任：田辺剛造教授）

十 川 秀 夫

（昭和59年10月30日受稿）

Key words：人工膝関節，X 線学的評価，
臨床評価，慢性関節リウマチ，
変形性膝関節症

はじめに

1970年以降，蝶番型の人工膝関節置換術（以下 TKR と略す）にかわって表面置換型 TKR が主流となってきた。しかし，表面置換型 TKR が開発されて十数年を経て，中長期の成績および再置換例が報告されるに至り，表面置換型 TKR にも種々の問題のあることが指摘されてきている。なかでも最も再置換の原因となり易い人工関節のゆるみは，臨床成績を大きく左右する問題であり，十分検討されねばならない。

臨床成績において，ゆるみの判定に最も重要なのは X 線学的検査であるが，表面置換型 TKR 後の X 線学的研究は数少なく，Lotke¹⁾，Jones ら²⁾ の報告をみるのみである。一方，X 線学的計測値の経時的な変化とその臨床成績との関連についての検討はほとんど行なわれていない。また，最近骨セメントを使用しない TKR ではゆるみが少なく，その有用性が報告されているが³⁾，岡大式 TKR は骨セメント非使用の表面置換型 TKR であり，本術式における人工関節のゆるみについての経時的な研究は重要な問題と考える。

本研究では，岡大式 Mark-II TKR のゆるみの問題を追求すべく X 線学的計測を行い，その経時的な変化と臨床評価との関連とくに人工関節の胫骨部品の設置と臨床成績の関与について，X 線学的計測値の変化から検討した。

研究対象

岡大式 TKR Mark-II は，1975年10月より当大学において始められ，1980年末までに66例98関節が行なわれている。1983年の追跡時までに4例（7関節）が死亡しており，今回は臨床的に追跡し，また X 線学的にも検討可能であった30例45関節を対象とした。

追跡期間は最長8.1年，最短3.0年，平均5.4年，疾患別では慢性関節リウマチ（以下 RA と略す）22例34関節，変形性膝関節症（以下 OA と略す）8例11関節であった。手術時年齢は30才から77才までで平均58.1才，RA 群では平均58.7才，OA 群では平均69.1才であった。

研究方法

1. X 線学的計測

対象症例について膝関節臥位 X 線写真から下記の計測を行った。

a) 胫骨板内側角 α

膝関節の前後 X 線像で，胫骨板と胫骨長軸のなす内側角 α を胫骨板内側角とした（図 1-a）。

b) 胫骨板後方角 β

膝関節の側面 X 線像で，胫骨板と胫骨長軸のなす後方角 β を胫骨板後方角とした（図 1-b）。

c) 大腿胫骨角 γ

膝関節の前後 X 線像で，大腿骨長軸と胫骨長軸のなす外側角 γ を大腿胫骨角とした（図 1-c）。

以上の胫骨板内側角と胫骨板後方角を術後（術

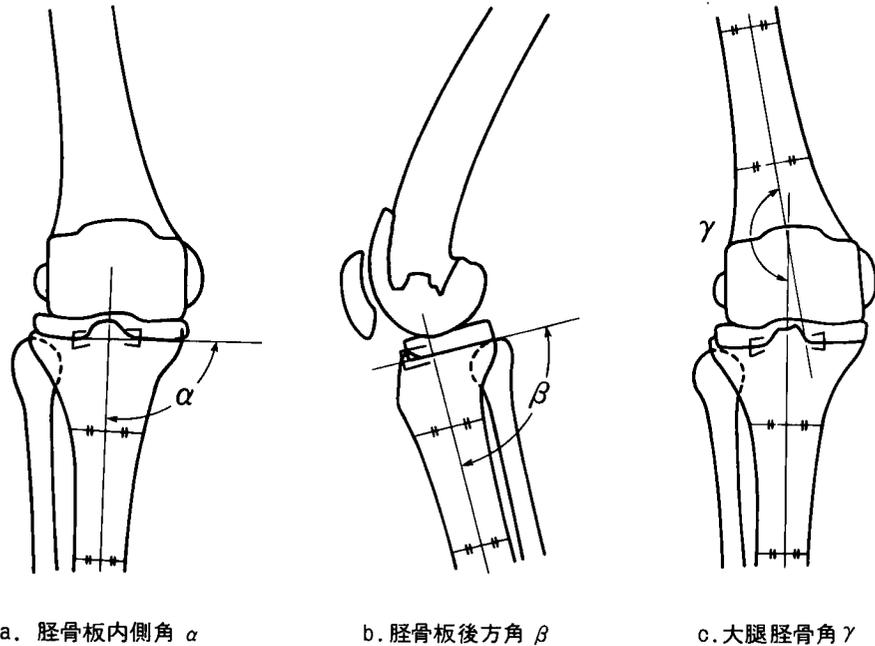


図1 X線学的計測法

後6ヶ月以内)と追跡時に、大腿脛骨角を術前、術後、追跡時に計測した。また、脛骨板設置にともなう骨変化を脛骨顆部の内、外側の骨硬化像あるいは疲労骨折などから検討した。

2. 臨床評価

膝関節の臨床的評価は三大学試案⁴⁾に従って、疼痛、可動域、自動伸展不全、内外反変形、歩行能力、日常動作等について術前と追跡時に評価を行った。

以上のX線計測値を経時的に統計学的分析を行い、脛骨顆部の骨変化を硬化例と非硬化例に分け、その差異および臨床評価の関連について検討した。

結 果

30例45関節について、単純X線写真から計測した数値と臨床評価から解析した。各計測値は平均値±標準偏差で示し、 P_1 は対応のあるT検定、 P_2 は対応のないT検定、 P_3 は χ^2 検定を行った場合の危険率を示した。危険率が5%を超えた場合は有意差なしとした。

1. X線学的骨変化と計測値との関連

a) 脛骨上端部のX線学的変化

手術膝の前後X線像から脛骨の内顆部骨硬化増加(以下内側硬化と略す)は、全45関節中11関節24%にみられた。内側硬化例の手術後経過年数は7年のもの3例、6年のもの2例、5年のもの4例、3年のもの2例で各年数にほぼ均等にみられた。また疾患別ではRAは8例22.9%に、OAは3例27.3%にみられ、疾患別の有意差は認めなかった。内側硬化の1例に骨硬化を伴った脛骨内顆の疲労骨折を認めた(後述症例供覧)。

一方、脛骨外顆部の骨硬化の増加を認めた症例はなかった。

b) 脛骨板内側角

脛骨板内側角の計測値を表1上段に示す。全45関節における脛骨板内側角は、術後 $87.4 \pm 3.5^\circ$ 、追跡時 $86.7 \pm 3.4^\circ$ で有意差を認めなかった(図2-a)。

また、これらを内側硬化群と非内側硬化群の両群に分け比較してみると、術後内側硬化群では $88.0 \pm 4.2^\circ$ 、非内側硬化群では $87.2 \pm 3.1^\circ$ 、追跡時内側硬化群では $84.6 \pm 3.8^\circ$ 、非内側硬化

表 1 術後（術後 6 ヶ月以内）と追跡時における X 線学的計測値の比較

		全45関節	内側硬化群	非内側硬化群
脛骨板内側角	術後*	87.4 ± 3.5°	88.0 ± 4.2°	87.2 ± 3.1°
	追跡時	86.7 ± 3.4°	84.6 ± 3.8°	87.3 ± 2.7°
脛骨板後方角	術後*	86.0 ± 4.6°	85.7 ± 4.8°	86.1 ± 4.7°
	追跡時	86.0 ± 5.0°	84.4 ± 7.5°	86.6 ± 4.4°
大腿脛骨角	術後*	176.5 ± 3.6°	176.6 ± 2.7°	176.5 ± 3.8°
	追跡時	178.4 ± 4.9°	182.5 ± 4.6°	177.0 ± 4.2°

* 術後 6 ヶ月以内

n. s. : no significance
 p₁ : 対応のある T 検定
 p₂ : 対応のない T 検定

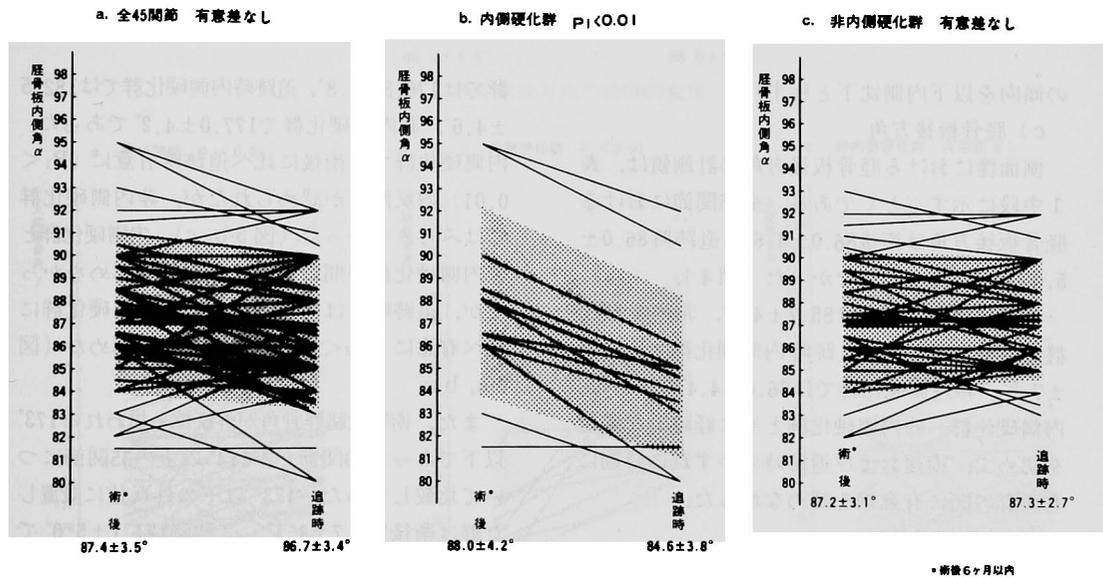


図 2 脛骨板内側角 (α) の経時的変化
 (a. 全45関節 b. 内側硬化群 c. 非内側硬化群)

群では 87.3 ± 2.7° であった。内側硬化群では術後に比べ追跡時有意な (P₁ < 0.01) 減少がみられたが、非内側硬化群では有意差を認めなかった (図 2-b, c)。術後内側硬化群と非内側硬化群

の間に有意差を認めなかったが、追跡時内側硬化群は有意に (P₂ < 0.05) 小さいことが認められた (図 3-a, b)。すなわち、内側硬化群では経年的に脛骨板が内側へ傾く傾向が認められた (こ

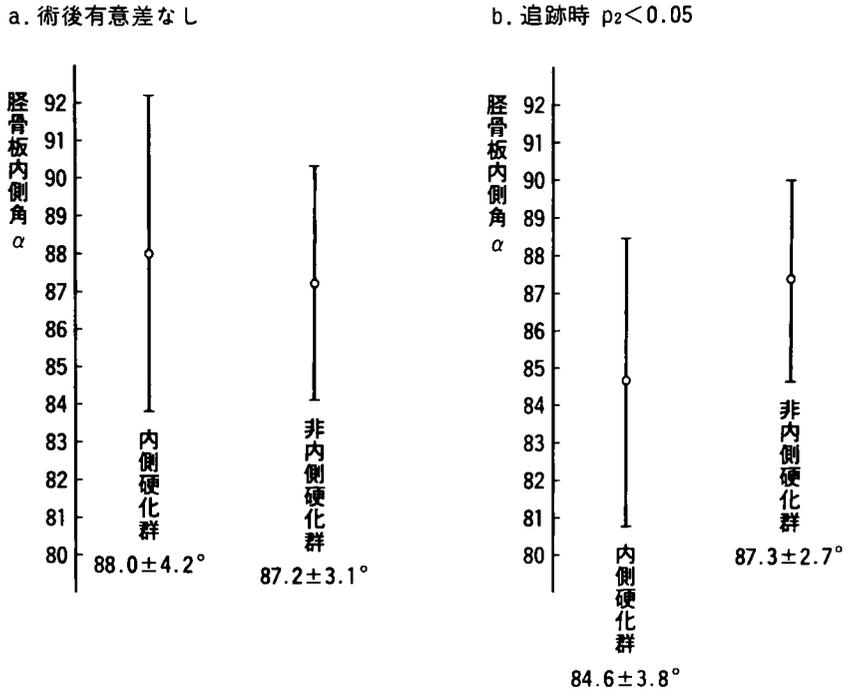


図3 内側硬化群と非内側硬化群の脛骨板内側角 (α) の比較
a. 術後(術後6ヶ月以内) b. 追跡時

の傾向を以下内側沈下と称す)。

c) 脛骨板後方角

側面像における脛骨板後方角の計測値は、表1中段に示すごとくである。全45関節における脛骨板後方角は術後 $86.0 \pm 4.6^\circ$ 、追跡時 $86.0 \pm 5.0^\circ$ で有意差を認めなかった(図4)。

術後内側硬化群では $85.7 \pm 4.8^\circ$ 、非内側硬化群では $86.1 \pm 4.7^\circ$ 、追跡時内側硬化群では $84.4 \pm 7.5^\circ$ 、非内側硬化群では $86.6 \pm 4.4^\circ$ であった。内側硬化群、非内側硬化群ともに経時的な変化を認めず、術後および追跡時のいずれの時期にも両群の間に有意差を認めなかった。

d) 大腿脛骨角

膝関節のアラインメントをみるために、大腿脛骨角の計測値は前後X線像から測定した(表1下段)。全45関節における大腿脛骨角は術後 $176.5 \pm 3.6^\circ$ 、追跡時 $178.4 \pm 4.9^\circ$ で、追跡時有意に($P_1 < 0.01$)増加しており、経年的に内反傾向を示した(図5-a)。

術後内側硬化群では $176.6 \pm 2.7^\circ$ 、非内側硬化

群では $176.5 \pm 3.8^\circ$ 、追跡時内側硬化群では $182.5 \pm 4.6^\circ$ 、非内側硬化群で $177.0 \pm 4.2^\circ$ であった。内側硬化群では術後に比べ追跡時有意に($P_1 < 0.01$)内反傾向が認められたが、非内側硬化群ではみられなかった(図5-b, c)。内側硬化群と非内側硬化群の間に術後は有意差を認めなかったが、追跡時には内側硬化群は非内側硬化群に比べ有意に($P_2 < 0.01$)内反傾向を認めた(図6-a, b)。

また、術後大腿脛骨角が外反位と思われる 173° 以下であった10関節と、 174° 以上の35関節について比較してみた。 173° 以下の外反位に設置した群は術後 $171.7 \pm 1.1^\circ$ 、追跡時 $174.1 \pm 5.0^\circ$ で有意な変化をみなかったが、 174° 以上の群は術後 $177.8 \pm 2.6^\circ$ 、追跡時 $179.6 \pm 4.1^\circ$ で有意に($P_1 < 0.01$)内反傾向を示した。

手術時の外反矯正の大きさと術後の経時的な大腿脛骨角の変化の関係について、術前と術後経過観察時の前後X線写真から以下の検討を試みた。術前と術後のX線写真計測で、 4° 以上の外

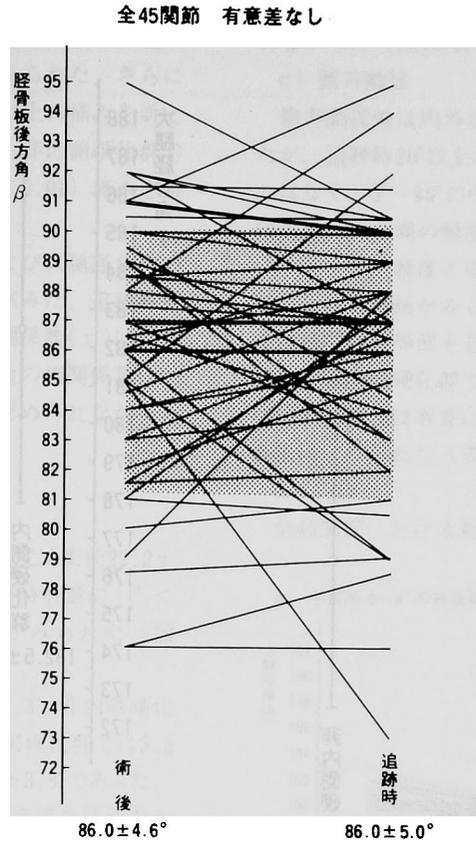


図4 脛骨板後方角の経時的変化

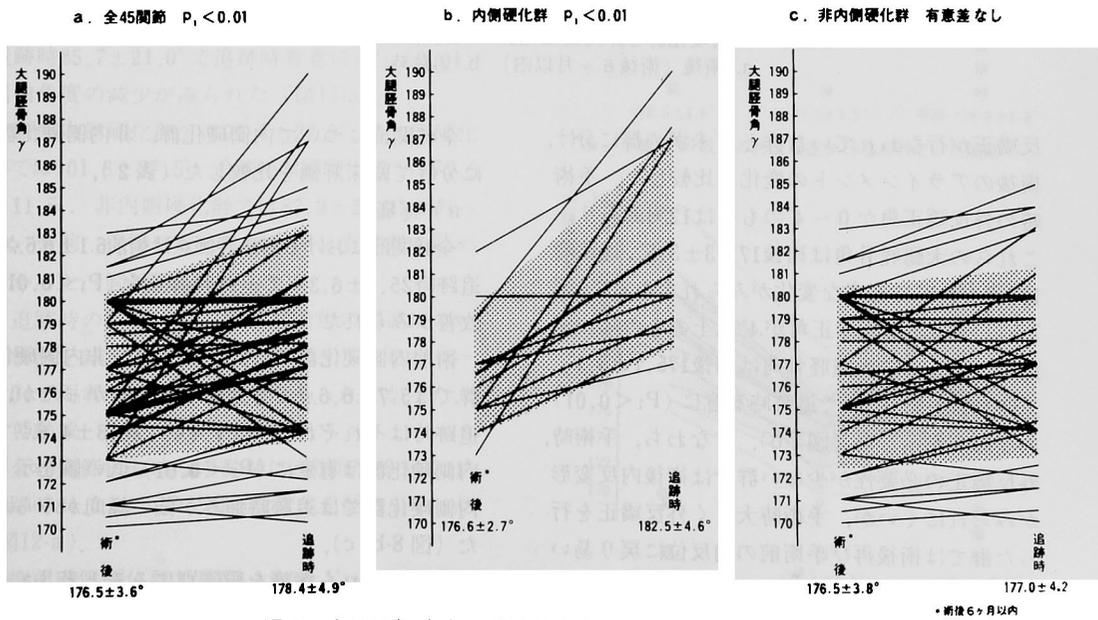


図5 大腿脛角 (γ) の経時的変化
(a. 全45関節 b. 内側硬化群 c. 非内側傾化群)

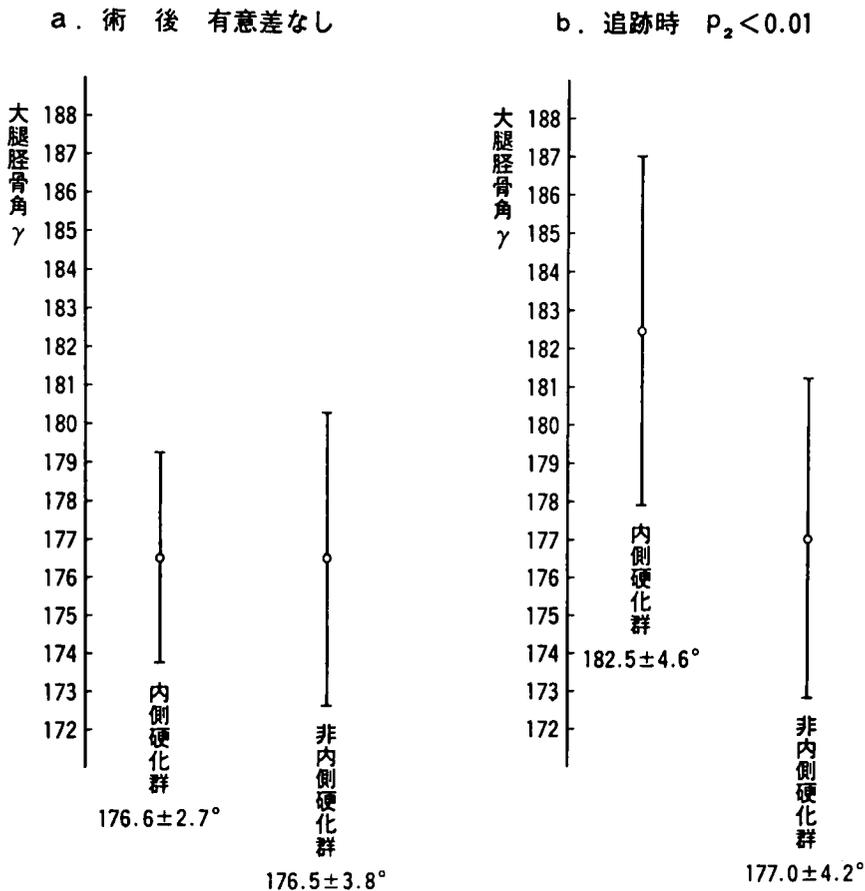


図6 内側硬化群と非内側硬化群の大腿脛骨角 (γ) の比較
a. 術後 (術後6ヶ月以内) b. 追跡時

反矯正が行なわれていた群と4°未満の群に分け、術後のアラインメントの変化を比較した。手術時の外反矯正角が0～4°のものは12関節あり、これら的大腿脛骨角は術後 $177.3 \pm 3.5^\circ$ 、追跡時 $175.8 \pm 3.8^\circ$ で有意な変化がみられなかった(図7-a)。一方、外反矯正角が4°以上のものは15関節で、これら的大腿脛骨角は術後 $175.1 \pm 3.1^\circ$ 、追跡時 $178.7 \pm 5.2^\circ$ で追跡時有意に ($P_1 < 0.01$) 内反傾向を示した(図7-b)。すなわち、手術時、外反矯正の必要性が少ない群では術後内反変形がみられにくい、手術時大きく外反矯正を行った群では術後再び手術前の内反位に戻り易い傾向が認められた(以後これをアラインメントの里返り現象と呼ぶ)

2. X線学的計測値と臨床評価との関連

全45関節について内側硬化群、非内側硬化群に分けて臨床評価を比較した(表2)。

a) 疼痛

全45関節における疼痛評価点は術前 6.1 ± 6.6 点、追跡時 25.1 ± 6.3 点で追跡時有意な ($P_1 < 0.01$) 改善がみられた(図8-a)。

術前内側硬化群では 7.3 ± 6.8 点、非内側硬化群では 5.7 ± 6.6 点で有意差を認めなかったが、追跡時はそれぞれ 20.0 ± 7.4 点、 26.8 ± 4.6 点で内側硬化群は有意に ($P_2 < 0.01$) 低い値を示し、内側硬化群では追跡時痛みが強い傾向がみられた(図8-b, c)。

また、これら疼痛を段階別にみると表3-aのごとくで、術前中等度以上の痛みが42関節93%にみられたものが、追跡時7関節16%に減少し、

逆に痛みをなしたまたは軽度のものが術前 3 関節 7%から追跡時 38 関節 85%に増加しており、追跡時有意 ($P_3 < 0.01$) 改善がみられた。さらに内側硬化群では追跡時中等度以上の痛みを訴えたものが 5 関節 45%にのぼり、非内側硬化群の 2 関節 6%に比べ有意 ($P_3 < 0.01$) 痛みを訴えたものが多かった。

疼痛評価と胫骨板内側角および大腿胫骨角の間の相関関係について検討を試みた。追跡時疼痛と追跡時胫骨板内側角の相関係数 (r) は 0.29、追跡時疼痛と追跡時大腿胫骨角の相関係数 (r) は 0.11 でいずれも相関関係は認められなかった (図 9-a, b)。

b) 関節自動運動

屈曲拘縮

全 45 関節における屈曲拘縮角度は術前 $22.2 \pm 21.9^\circ$ 、追跡時 $1.4 \pm 4.3^\circ$ で追跡時有意 ($P_1 < 0.01$) 低く、屈曲拘縮の改善がみられた (図 10-a)。

術前内側硬化群では $31.4 \pm 27.3^\circ$ 、非内側硬化群では $19.3 \pm 19.7^\circ$ 、追跡時内側硬化群では $3.2 \pm 5.6^\circ$ 、非内側硬化群では $0.9 \pm 3.8^\circ$ であった。術前、追跡時ともに両群間に有意差を認めなかった (図 10-b, c)。

屈曲

全 45 関節における屈曲角度は術前 $100.5 \pm 27.2^\circ$ 、追跡時 $85.7 \pm 21.0^\circ$ で追跡時有意 ($P_1 < 0.01$) 屈曲角度の減少がみられた (図 11-a)。

術前内側硬化群では $95.7 \pm 27.9^\circ$ 、非内側硬化群では $101.8 \pm 27.5^\circ$ 、追跡時内側硬化群では $79.5 \pm 11.5^\circ$ 、非内側硬化群では $87.9 \pm 23.2^\circ$ であった。術前、追跡時ともに両群間に有意差を認めなかった (図 11-b, c)。

追跡時の胫骨板後方角と屈曲角の関連について検討を試み、両者の相関係数を求めたが $r = 0.04$ で両者の間に相関関係はみられなかった。

可動域

全 45 関節における可動域は、術前 $77.9 \pm 37.1^\circ$ 、追跡時 $84.2 \pm 21.7^\circ$ で有意な変化を認めなかった (図 12-a)。

術前内側硬化群では $69.1 \pm 35.1^\circ$ 、非内側硬化群では $80.7 \pm 37.7^\circ$ 、追跡時内側硬化群では $78.2 \pm 17.1^\circ$ 、非内側硬化群では $86.1 \pm 22.9^\circ$ であ

た。術前、追跡時ともに両群間に有意差がみられなかった (図 12-b, c)。

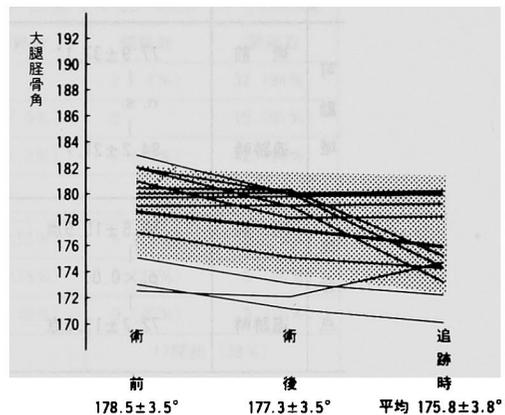
c) 側方動揺

側方動揺性は内外反ストレスによって判定したが、追跡時 10° 以上の高度の側方動揺をみたものはなく、 $5^\circ \sim 10^\circ$ の中等度の側方動揺が 9 関節 20%に、 5° 未満の軽度の側方動揺が 10 関節 22%にみられた。軽度と中等度を合わせると 19 関節 42%に側方動揺がみられた。また、内側硬化群では軽度と中等度を合わせた側方動揺が 8 関節 72%、非内側硬化群では 11 関節 32%にみられ、内側硬化群では有意 ($P_3 < 0.05$) 高頻度に側方動揺がみられた (表 4)。

d) 総合点

全 45 関節における総合点は術前 38.5 ± 15.5 点、

a. 手術時 $0 \sim 4^\circ$ の外反矯正が行なわれていた関節



b. 手術時 4° 以上の外反矯正が行なわれていた関節

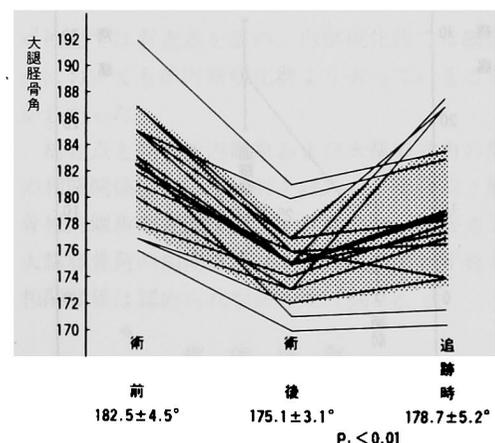


図 7 手術時の外反矯正角と術後の大腿胫骨角の変化

表2 術前および追跡時の臨床評価の比較

		全 45 関 節	内 側 硬 化 群	非内側硬化群
疼 痛	術 前	6.1 ± 6.6点 p ₁ < 0.01	7.3 ± 6.8点 p ₁ < 0.01	5.7 ± 6.6点 p ₁ < 0.01
	追跡時	25.1 ± 6.3点	20.0 ± 7.4点	26.8 ± 4.6点
			n. s.	
			p ₂ < 0.01	
屈 曲 拘 縮	術 前	22.2 ± 21.9° p ₁ < 0.01	31.4 ± 27.3° p ₁ < 0.01	19.3 ± 19.7° p ₁ < 0.01
	追跡時	1.4 ± 4.3°	3.2 ± 5.6°	0.9 ± 3.8°
			n. s.	
屈 曲	術 前	100.5 ± 27.2° p ₁ < 0.01	95.7 ± 27.9° p ₁ < 0.05	101.8 ± 27.5° p ₁ < 0.01
	追跡時	85.7 ± 21.0°	79.5 ± 11.5°	87.9 ± 23.2°
			n. s.	
可 動 域	術 前	77.9 ± 37.1° n. s.	69.1 ± 35.1° n. s.	80.7 ± 37.7° n. s.
	追跡時	84.2 ± 21.7°	78.2 ± 17.1°	86.1 ± 22.9°
			n. s.	
総 合 点	術 前	38.5 ± 15.5点 p ₁ < 0.01	35.6 ± 17.7点 p ₁ < 0.01	39.5 ± 15.2点 p ₁ < 0.01
	追跡時	72.7 ± 13.6点	66.9 ± 11.0点	74.7 ± 12.5点
			n. s.	

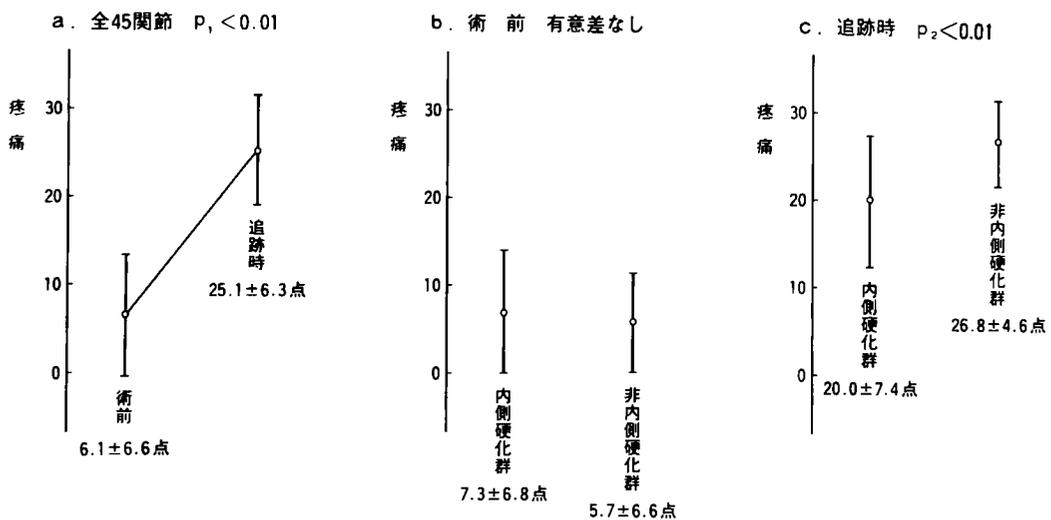


図8 疼痛評価の比較
(a. 全45関節 b. 術前 c. 追跡時)

表 3 疼痛 (a) と総合成績 (b) の段階別比較

a. 疼 痛

		なし	軽 度	中等度	強 い	激しい
		関節数	関節数	関節数	関節数	関節数
術 前	非内側硬化群	0	2 (6%)	4 (12%)	17 (50%)	11 (32%)
	内側硬化群	0	1 (9%)	1 (9%)	8 (73%)	1 (9%)
	計	0	3 (7%)	5 (11%)	25 (56%)	12 (27%)
		3関節 (7%)		42関節 (93%)		
追 跡 時	非内側硬化群	17 (50%)	15 (44%)	1 (3%)	1 (3%)	0
	内側硬化群	1 (9%)	5 (46%)	4 (36%)	1 (9%)	0
	計	18 (41%)	20 (44%)	5 (11%)	2 (4%)	0
		38関節 (85%)		7関節 (16%)		

b. 総合成績

		優 (85点以上)	良 (70~84点)	可 (60~69点)	不可 (60点未満)	
		関節数	関節数	関節数	関節数	
術 前	非内側硬化群	0	0	2 (6%)	32 (94%)	
	内側硬化群	0	1 (9%)	0	10 (91%)	
	計	0	1 (2%)	2 (4%)	42 (94%)	
		1関節 (2%)		44関節 (98%)		
追 跡 時	非内側硬化群	6 (15%)	19 (55%)	6 (18%)	3 (9%)	
	内側硬化群	1 (9%)	2 (18%)	3 (27%)	5 (46%)	
	計	7 (16%)	21 (46%)	9 (20%)	8 (18%)	
		28関節 (62%)		17関節 (38%)		

追跡時72.7±13.6点で追跡時有意な (P₁<0.01) 改善がみられた (図13-a)。

術前内側硬化群では35.6±17.7点, 非内側硬化群では39.5±15.2点, 追跡時内側硬化群では66.9±11.0点, 非内側硬化群では74.7±12.5点であった。術前, 追跡時ともに両群間に有意差を認めなかった (図13-b, c)。

また, これら総合点を85点以上のものを優, 70~84点を良, 60~69点を可, 60点未満を不可とし分類してみると表3-bのごとくであった。術前優および良は1関節2%であったが, 追跡時28関節62%に増加しており, 追跡時有意な (P₃<0.01)改善がみられた。さらに, 内側硬化群では追跡時優および良がわずか3関節27%で, 非内側硬化群の25関節73%に比べ有意に (P₃<

0.05) 劣っていた。総点数で比較したT検定では有意差を認めなかったが, 段階別に比較したχ²検定では有意差を認め, 内側硬化群では総合点においても非内側硬化群より劣っていることがわかった。

総合点と胫骨板内側角および大腿脛骨角の間の相関関係について検討を試みた。総合点と胫骨板内側角の相関係数 (r) は0.14, 総合点と大腿脛骨角の相関係数 (r) は0.17でいずれも相関関係は認められなかった (図9-c, d)。

症 例 供 覧

症例 1 63才, 女性, Classical RA

48才時右肩より発症, 1970年より両膝痛あり徐々に増強, 1978年来院時強い疼痛を訴え評価

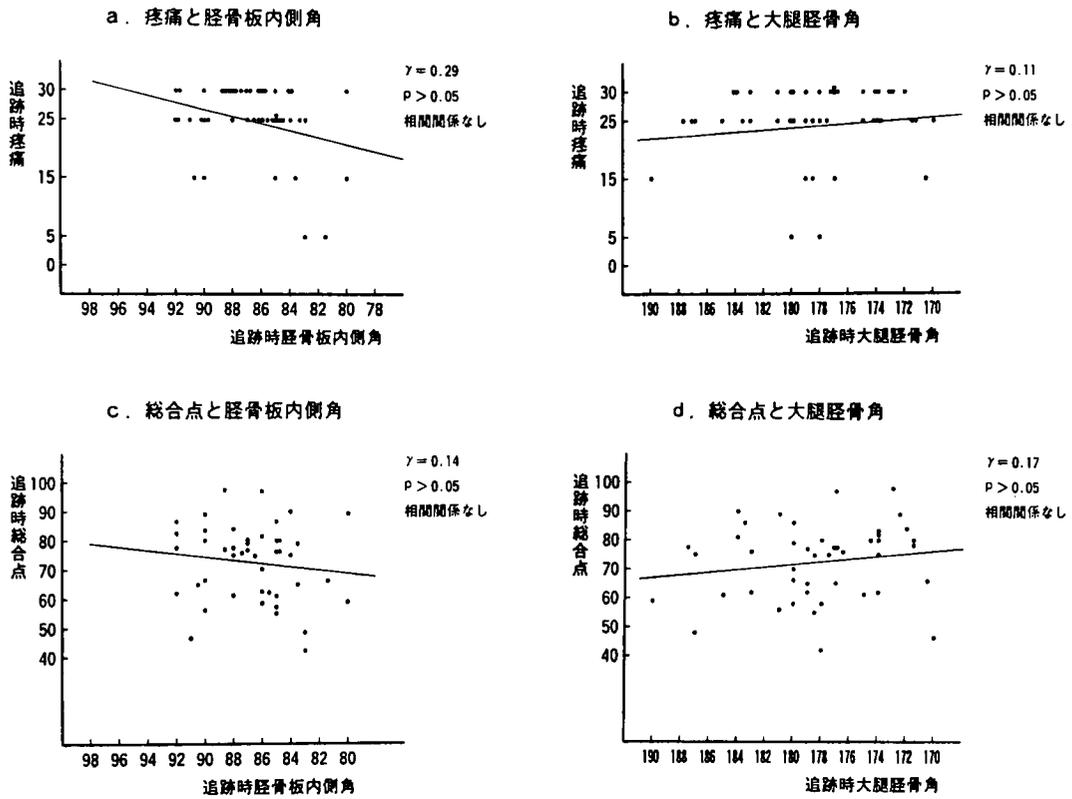


図9 臨床評価とX線学的計測値の相関関係

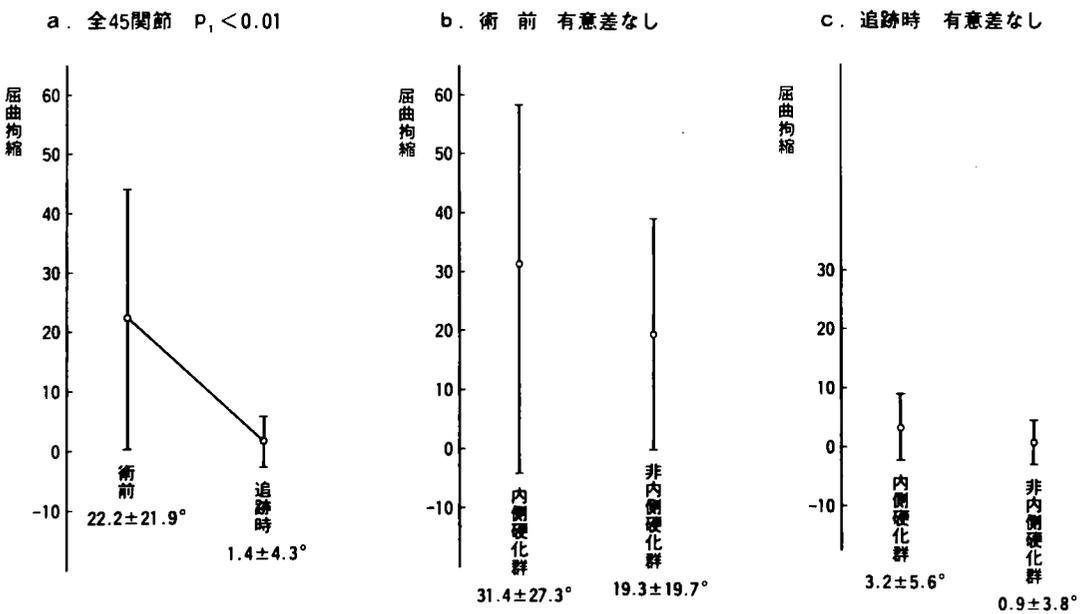


図10 屈曲拘縮の比較
 (a. 全45関節 b. 術前 c. 追跡時)

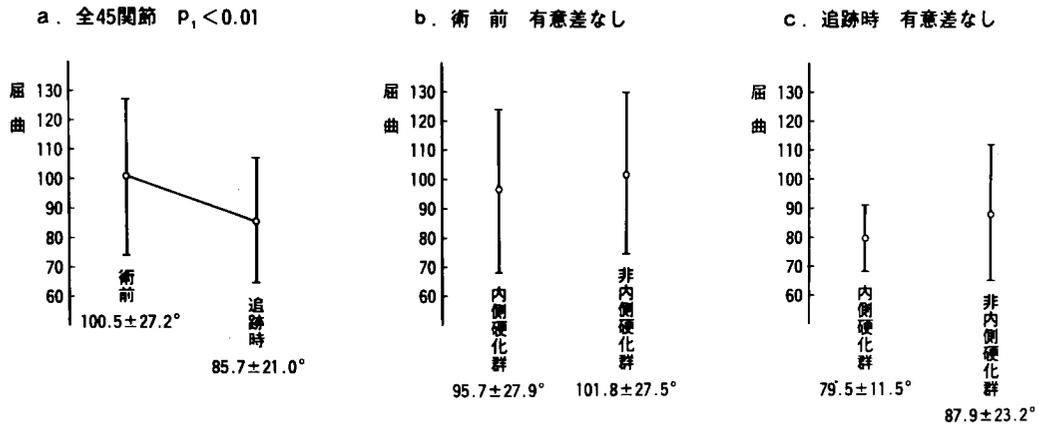


図11 屈曲角の比較
(a. 全45関節 b. 術前 c. 追跡時)

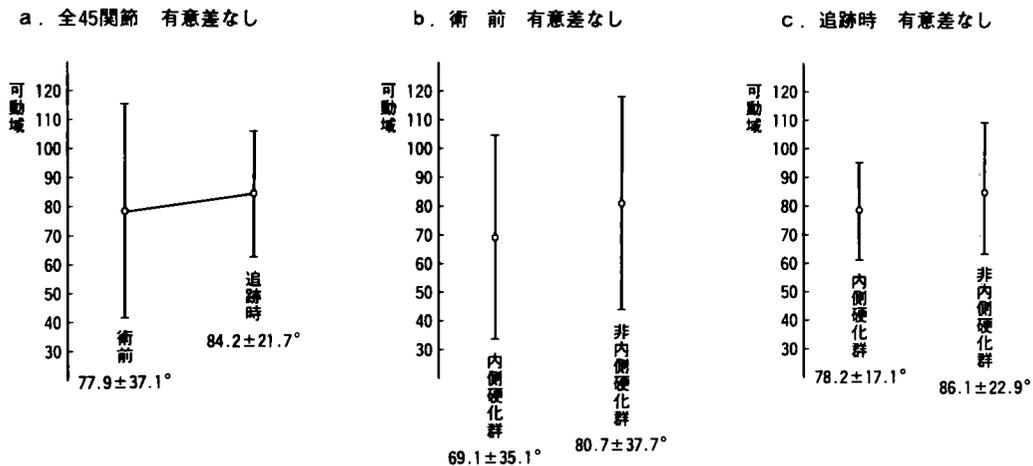


図12 可動域の比較
(a. 全45関節 b. 術前 c. 追跡時)

表4 内側硬化群と非内側硬化群の追跡時における側方動揺性の比較

側方動揺	高度 10°以上		中等度 5°~10°		軽度 5未満	
	内側硬化群	なし		4関節 36%	4関節 36%	
			8関節 72%			
非内側硬化群	なし		5関節 15%	6関節 18%		
			11関節 32%			
計	なし		9関節 20%	10関節 22%		
			19関節 42%			

内側硬化・非内側硬化群間 $P_5 < 0.05$

5点, 左膝に60°の屈拘縮がみられた。歩行は500 m未滿で, 術前総合点は26点であった。X線検査では, 両膝とも関節裂隙の著明な減少化と骨破壊がみられ, stage IIIで軽度の内反変形みられ大腿脛骨角は185°であった(図14-A)。1978年3月岡大式 Mark-IIにて右側 TKR 施行, 続いて同年4月左側に TKR を行った(図14-B)。術後経過良好であったが, 1980年より左膝の疼痛を訴え徐々に増強, 1982年のX線写真にて脛骨内顆部の骨硬化と疲労骨折がみられ(図14-C), 同時に大腿骨側の部品にもゆるみが確認された。

1982年11月セラミック KC-I を用い再置換術

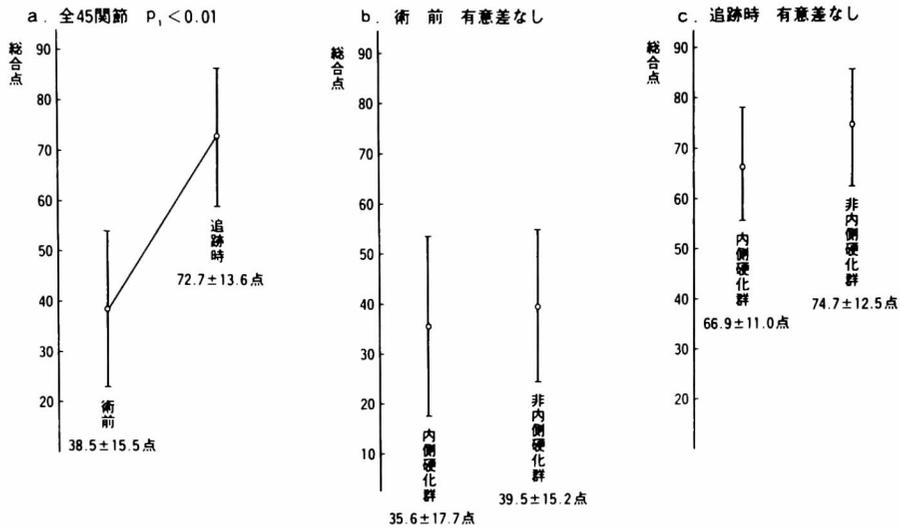


図13 総合点の比較
(a. 全45関節 b. 術前 c. 追跡時)

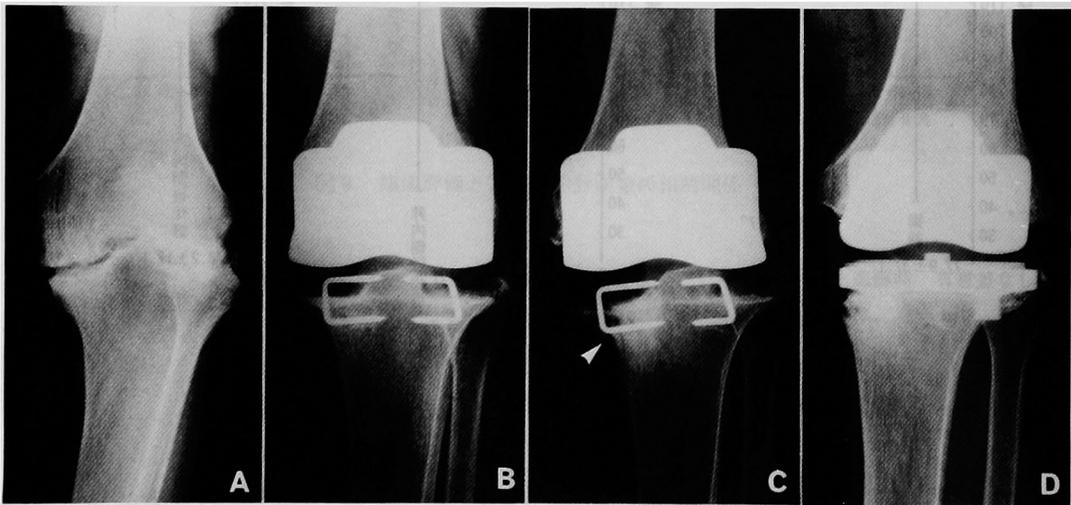


図14 症例1 63才 女性 Classical RA
胫骨内顆硬化例
A: 術前 B: 術後1ヶ月
C: 術後4年
D: セラミックKC-Iにて再置換

を行った (図14-D)。再手術後経過良好で1983年の追跡時、歩行は500m未満であるが、疼痛もなく総合点79点である。

症例2, 80才, 女性, OA

50才頃より両膝の疼痛あり徐々に増強。1978年来院時左膝の疼痛著しく、歩行も屋内のみで

総合点は29点であった。X線検査では関節裂隙の著明な狭小化と骨硬化、骨棘形成がみられ、Kellgrenの分類⁵⁾で stage III、著明な内反変形がみられ大腿胫骨角は187°であった (図15-A)。1978年12月岡大式 Mark-II による左側 TKR、続いて翌1979年1月右側 TKR を行った。術後

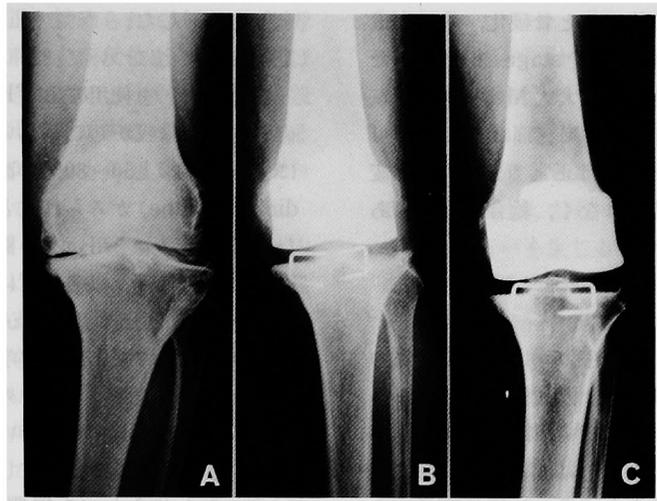


図15 症例2 80才 女性 OA
アラインメントの里返り例
A：術前大腿脛骨角 187°
B：術後1ヶ月大腿脛骨角 177°
C：術後5年大腿脛骨角 187°

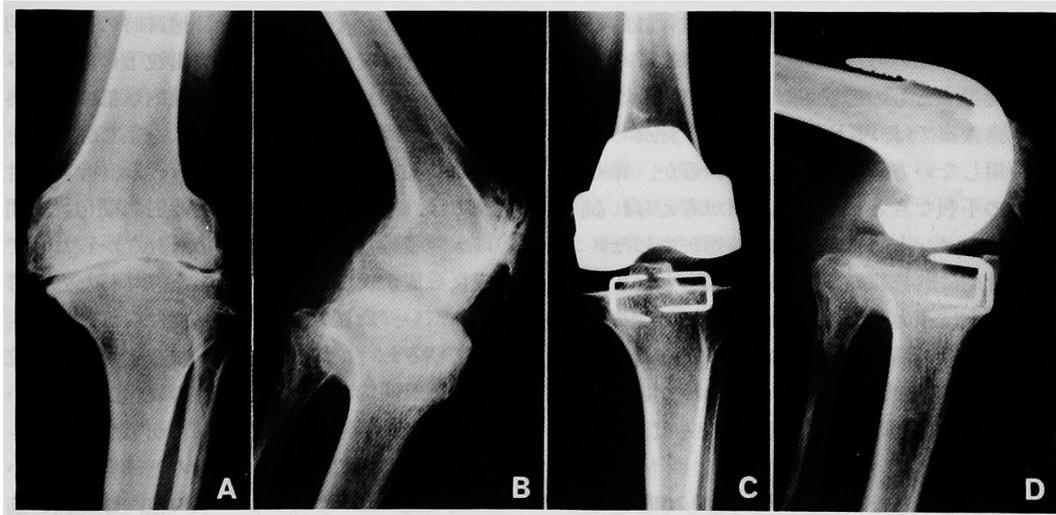


図16 症例3 56才 女性 OA
経過良好例
A, B：術前
C, D：術後6年

内反変形は矯正され大腿脛骨角はほぼ正常の 177° であった(図15-B)。術後経過良好で追跡時疼痛は全くなく、歩行も約1 km 可能で総合点は70点であるが、追跡時のX線写真で再び内反変形がみられ、大腿脛骨角は 187° で術後に比べ 10° 内

反位にあった(図15-C)。「アラインメントの里返り現象」の1例である。

症例3, 56才, 女性, OA

48才頃より左膝の疼痛を訴え徐々に増強、疼痛強く、歩行は屋内のみで総合点は49点、X線

検査では関節裂隙の狭小化と骨硬化、骨棘形成がみられ Kellgren の分類で stage III であった (図16-A, B). 1977年9月岡大式 Mark-II にて左側 TKR 施行. 6年後の追跡時疼痛は全くなく, 可動域は $0 \sim 95^\circ$, 歩行はほぼ正常で, 約 5° の反変形を認めるが側方動揺はなく, 総合点86点である (図16-C, D).

考 察

表面置換型 TKR の再手術率は, 人工関節のタイプによっても異なるが, $4.2\% \sim 28.5\%$ といわれている⁶⁻⁹⁾. これら再手術例のうち人工関節のゆるみが原因とされるのは $25\% \sim 63.3\%$ である. さらに, このゆるみの多くは胫骨部品のゆるみとされ^{7,9,10)}, 初期の技術的な失敗を除けば, 表面置換型 TKR における耐用性は胫骨部品のゆるみに起因するところが大きいといえる.

表面置換型 TKR の胫骨部品は, 確実な固定が困難で¹⁰⁻¹²⁾, その固定法および力学的解析に関する研究は多くみられる¹³⁻¹⁸⁾. 胫骨部品の固定法には種々の方法があるが, 大きく骨セメントを使用するものと使用しないものに分けられる. 当教室では TKR 開発当初より骨セメントを使用しない方針をとってきているが, 骨セメントの不利な点として次の事項が考えられる.

- 1) 骨セメントに接する骨に壊死が生じセメント-骨間に軟部組織が介在する^{19,21-23)}.
- 2) 骨セメントは張力と剪断力に弱い³⁾.
- 3) 平板状になった胫骨部品が上に凹面になっているのでセメント細粒子がたまりやすく, 摩擦を起しやす²⁰⁾ (股関節では下に凹面になっている).
- 4) 手術が難しい.

一方, こうした不利な点を考慮して最近骨セメントを使用しない固定法が注目されてきている³⁾. 骨セメント非使用の ICLH 型 TKR では, 平均10ヶ月の追跡ではあるが X線 上79関節に1例もゆるみを認めていないと報告している²⁴⁾. 著者の今回の追跡でも X線 上骨セメント使用例にみられるような骨の広範な吸収像を認めた症例は1例もなかった. しかし, 11関節24%に胫骨内顆部の骨硬化がみられ, これらの例では臨床的にも成績が劣っており, 今後の経過に問題を残すものがある. これら硬化例を中心に考察

を加え検討した.

1. 内側硬化について.

骨セメントを使用する TKR では, セメント直下に骨の吸収が起こり易い. これまでの報告によると X線 上 $50 \sim 80\%$ の高頻度に透亮帯 (radiolucent line) がみられるという²⁵⁾. それに対し, 骨セメントを用いない岡大式 Mark-II では術後 X線的に胫骨板の直下に内外顆均等な骨硬化がみられ (図16-C) 骨の支持機構の再構成が伺われる²⁶⁾. この硬化部の力学強度が正常に近いことが剖検例において確かめられているが²⁷⁾, これは骨セメントを用いない本法の利点, 特徴であるといわれている²⁶⁾. しかし, 症例1の図14-Cにみられるような偏側性の末梢に長く延びた強い硬化像は Bryan²⁸⁾ の指摘するごとく, 荷重の不均等による骨への持続するストレスを意味するものであろう. また, このことがゆるみを誘発するものと考えられる²⁸⁾.

本研究の調査では, 11関節24%に内側硬化がみられたが, その硬化群では追跡時の X線 学的計測で内反変形と胫骨板の内側沈下の傾向がみられた. これは内反変形の結果内顆部に力が集中し, 胫骨内顆部へのストレスを生じ胫骨板を内側に傾斜させたものと考えられる. 今回の計測では, 術後は内側硬化群と非内側硬化群の間に大腿胫骨角の有意差が認められなかったので, 内反設置が反変形と内側硬化を惹起したとは考えにくい. 内反変形例のすべてに内側硬化が生じているわけではないこと, また追跡時外反位にあった関節ではいづれも外側硬化が起っていないことから考えて, 内側硬化がアラインメント単一の要因で起っているものとは考えにくい. 内側硬化にはアラインメントの他, 膝周囲の筋・靭帯のバランス, さらに静的 (static) な要素ばかりでなく, 動的 (dynamic) な要素が関与していると思われる. 術後内側硬化をきたす因子については今後なお詳細な検討を要すが, TKR 後経年的に内反傾向と内側硬化をみて成績悪化に連がる症例がほぼ24% (平均5.4年追跡) にみられ, 今後問題を残す.

一方, 術後大腿胫骨角が 174° 以上の群は追跡時内反傾向を示すのに対し, 173° 以下の群は内反傾向を示していないこと, また高位胫骨骨切り

術においても過矯正が勧められていることを考慮すれば^{29,30)}、術前強い内反位を示すものでは従来の目標としてきた 175° よりやや外反位に設置することも内反変形を予防する一法と考えられる。

2. 脛骨板の内側角、後方角および下肢のアラインメントについて。

Insall³¹⁾、Lotke ら¹⁾は、脛骨板の設置角は内側角、後方角ともに $90^\circ \pm 5^\circ$ が理想的であると述べている。Buchanan³²⁾は半接合型 TKR 111 関節の脛骨板の角度を測定し、内側角が平均 87° 、後方角は平均 89° であったと報告している。しかし、これらの計測角の経時的な変化に関する報告はない。本研究では、内側角は術後 $87.4 \pm 3.5^\circ$ 、追跡時 $86.7 \pm 3.4^\circ$ で Buchanan³²⁾の計測値とほぼ同等であった。内側角はアラインメント設定の結果決定されるものでこれ単独ではその是非は論じられない。後方角は術後、追跡時、内側硬化群、非内側硬化群いずれも経時的にほとんど変化を示さず、有意差をみなかった。内反変形による内側硬化は前額面での変化であり、矢状面での後方角に影響がないといえる。松井ら³³⁾は脛骨板後方角が小さくなるにしたがい屈曲角が大きくなると報告しているが、著者の例ではその傾向は認められなかった。このことは理論的にはうなずけるが、複雑な要素が関与した屈曲角とわずか数度の脛骨板の傾きの間に直接の相関を証明するのは困難と思われた。

正常の大腿脛骨角は欧米人で $173^\circ \sim 175^\circ$ 、日本人で $175^\circ \sim 178^\circ$ と報告されており^{34,35)}、日本人は欧米人に比し約 2° の O 脚傾向があるといわれる³⁵⁾。最近の表面置換型 TKR の報告によれば、大腿脛骨角の理想的な範囲として $180^\circ \sim 167^\circ$ があげられており³⁶⁻³⁹⁾、術後または追跡時の計測で、 $85 \sim 98\%$ がこの角度内にあったとしている。しかし経時的な変化に関する報告は少なく、わずかに Insall³⁹⁾の計測がみられるのみである。それによると、術後125関節中123関節 98% が $179^\circ \sim 167^\circ$ の範囲にあり、追跡時の大腿脛骨角は術後に比し有意な変化を示さなかったとしている。本研究では、術後 $176.5 \pm 3.6^\circ$ で $170^\circ \sim 180^\circ$ の範囲内に 80.4% があり、術後ほぼ満足すべきアラインメントが獲得できていた。しかし、追跡時に内側硬化群では有意な内反変形がみら

れた。

Ducheyne⁴⁰⁾は UCI 型 TKR で再置換を行ったものでは、アラインメントの変化がみられたと述べている。しかし、アラインメントの変化は内反外反まちまちであったとしている。内反外反は別としても、成績不良例にアラインメントのくるいを生じることが否めないところである。井上ら^{41,42)}は再置換例の検討から、内反変形の例では脛骨板自身の変形、および大腿骨部品のゆるみを指摘している。また、鳥巢⁴³⁾は Geometric 型 TKR で maker wires の位置異常から脛骨板の歪みを 51% に認めている。アラインメントの変化、脛骨板の内側沈下に加え、樹脂変形 (plastic deformation) も TKR の耐用年数に影響を及ぼすものと思われる。

術前および調査時のアラインメントの変化からみると、里返り現象がみられた。Hamilton⁸⁾は外反変形では十字靭帯、外側側副靭帯、筋支帯などの短縮があり、TKR 施行にあたってこれら靭帯の延長を勧めている。術前内反変形のあるものでは、内側軟部組織に短縮が起っていたことが考えられ、靭帯の延長を施さずに大きく外反矯正した場合再び元のアラインメントに戻り易いと思われる。

4. 臨床評価

脛骨板内側角と疼痛および総合点について検討したが、これらの間の相関を見出せなかった。Lotke ら¹⁾はアラインメントおよび人工関節部品の位置と臨床評価との間に相関関係を認めたとしているが、実際の計測値の記載がなく、計測値が理想的とされる位置からどの程度ずれていたのが不明である。著者も正しい人工関節の設置が成績の向上に連がるとする考えには賛成できるが、理想的とされる位置から大きくずれた場合は別として、本研究のごとく比較的小さな角度変化と複雑な要素を含んだ臨床評価の間に直接相関関係を証明することは難しい。また脛骨板の内側角、後方角ばかりでなく、回旋の位置をどう決めるかも、なお残された問題と考えている。

疼痛の改善は TKR 最大の目的であり、文献的^{39,40)}に術後疼痛の軽度またはないものは 90% 前後と報告されているが、本研究でも 85% であ

ってほぼ同等の結果が得られている。すでに述べたごとく X線学的計測値と疼痛の間に直接の相関関係は証明できなかったが、内側硬化群では有意に痛みが強く、その内側硬化群では、内反傾向と脛骨板の内側沈下がみられている。このことより、X線学的計測値と疼痛の間に間接的ではあるが、相関がみられると考える。

表面置換型 TKR の側方動揺に関して、Jones²⁾ は 5°~10° の中等度の動揺性はわずか 1% であったとしているが、Laskin³⁷⁾ は軽度のものが 56%、中等度のものが 10% で、軽度と中等度合わせると 66% に側方動揺がみられたと述べている。報告者によりその頻度にかかなりの差があるが、側方動揺と X線上の観察との関連についての記載はみられない。著者の例では、内側硬化群に側方動揺が有意に高頻度に見られた。これは内反変形と脛骨板の内側沈下のため、膝関節周囲の靭帯や人工関節部品のゆるみをきたしたためと思われる。

総合成績の比較は、各報告者により独自の評価法を用いており、正確な検討は難しい。宮永ら⁴⁴⁾ は三大学試案を用いており、RA 群で術前平均 28 点から 80 点へ改善、段階別では優良合わせて 98% であったと報告しているが、観察期間が 24.8 ヶ月と短かく本例の比較対照となりにくい。Cloutier³⁸⁾ は 2~4.5 年の追跡で優または良が 91%、Eftekhari³⁶⁾ は 4~5 年の追跡で 77% が優または良であったとしている。本研究では、術前 39 点から追跡時 72.7 点へと有意な増加がみられたが、段階別評価では優または良は 28 関節

62% と諸家の報告よりやや悪い。追跡期間が長くなるにしたがい不良例が増加してくるものと考えられる。また総合成績の段階別評価では、非内側硬化群に比べ内側硬化群が有意に劣っていた。間接的ではあるが、内反変形および脛骨板の内側沈下と臨床評価の間に相関がみられたと考えられる。

結 語

- 1) 岡大式 Mark-II TKR 30 例 45 関節について、X線学的検索および臨床評価を行い、これらの相関関係と経時的変化に関して統計学的に分析、検討した。
- 2) 疼痛および臨床総合成績と X線学的計測によるアラインメントおよび脛骨部品の位置との間に直接の相関関係は見出せなかった。
- 3) 11 例 24% に脛骨内顆部の骨硬化(内側硬化)がみられた。
- 4) 内側硬化群は非内側硬化群に比べ、内反変形、脛骨板の内側沈下が有意にみられ、疼痛、側方動揺、総合成績において有意に劣っていた。間接的ではあるが、内反変形および脛骨板の内側沈下と臨床成績の間に相関がみられた。

謝 辞

稿を終るにあたり御指導と御校閲を賜った恩師田辺剛造教授に深甚の謝意を表します。また、直接の御指導と御援助をいただいた井上一講師に深謝いたします。

文 献

1. Lotke, P.A. and Ecker, M.L.: Influence of positioning of prosthesis in total knee replacement. *J. Bone Joint Surg.* 59-A, 77-79, 1977.
2. Jones, W.T., Bryan, R.S., Peterson, L.F.A. and Ilstrup, D.M.: Unicompartmental knee arthroplasty using polycentric and Geometric hemicomponents. *J. Bone Joint Surg.* 63-A, 946-954, 1981.
3. Blaha, J.D., Insler, H.P., Freeman, M.A.R., Revell, P.A. and Todd, R.C.: The fixation of a proximal tibial polyethylene prosthesis without cement. *J. Bone Joint Surg.* 64-B, 326-335, 1982.
4. 丹羽滋郎, 寺山和雄, 山本純己: 人工膝関節置換のための成績判定規準試案, 人工関節研究会記録, 7, 30-31, 1977.
5. Kellgren, J.H. and Laurence, J.S.: Radiological assessment of osteo-arthritis. *Ann. Rheum. Dis.* 16, 494-501, 1957.

6. Insall, J.N. and Dethmers, D.A.: Revision of total knee Arthroplasty. *Clin. Orthop.* **170**, 123—130, 1982.
7. Cameron, H.U. and Hunter, G.A.: Failure in total knee arthroplasty. *Clin. Orthop.* **170**, 141—146, 1982.
8. Hamilton, L.R.: UCI total knee replacement. *J. Bone Joint Surg.* **64-A**, 740—744, 1982.
9. Goldberg, V.M. and Henderson, B.T.: The Freeman-Swanson ICLH total knee arthroplasty. *J. Bone Joint Surg.* **62-A**, 1338—1344, 1980.
10. Freeman, M.A.R., Todd, R.C., Pamert, P. and Day, W.H.: ICLH arthroplasty of the knee: 1968—1977. *J. Bone Joint Surg.* **60-B**, 339—344, 1978.
11. 黒沢 尚: 人工膝関節脛骨コンポーネント—骨間に作用する力. 日整会誌, **58**, 11—21, 1984.
12. Insall, J.N., Ranawat, C.S., Aglietti, P. and Shine, J.: A comparison of four models of tibial knee-replacement prosthesis. *J. Bone Joint Surg.* **58-A**, 754—765, 1976.
13. Bargren, J.H., Freeman, M.A.R. and Swanson, S.A.V.: Mechanical tests on the tibial components of non-hinged knee prosthesis. *J. Bone Joint Surg.* **60-B**, 256—261, 1978.
14. Bartel, D.L., Burstein, A.H., Santavicca, E.A. and Insall, J.N.: Performance of the tibial component in total knee replacement. *J. Bone Joint Surg.* **64-A**, 1026—1033, 1982.
15. Kagan II, A.: Mechanical causes of loosening in knee joint replacement. *J. Biomechanics* **10**, 387—391, 1977.
16. Lewis, J.L., Askew, W.J. and Jaycox, D.P.: A comparative evaluation of tibial component design of total knee prostheses. *J. Bone Joint Surg.* **64-A**, 129—135, 1982.
17. Walker, P.S., Ranawat, C. and Insall, J.: Fixation of the tibial components of condylar replacement knee prostheses. *J. Biomechanics* **9**, 269—275, 1976.
18. Wright, T.M., Fukubayashi, T. and Burstein, A.H.: The effect of carbon fiber reinforcement on contact pressure, and time-dependent deformation in polyethylene tibial components. *J. Biomed. Mater. Res.* **15**, 719—730, 1981.
19. Willert, H.-G., Ludwig, J. and Semlitsch, M.: Reaction of bone to methacrylate after hip arthroplasty. *J. Bone Joint Surg.* **56-A**, 1368—1383, 1974.
20. Swanson, S.A.V.: Biomechanics. In *Arthritis of the Knee*, ed. Freeman, M.A.R., Springer-Verlag, Berlin. pp.26—27, 1980.
21. Charnley, J., Follacci, F.M. and Hammond, B.T.: The long-term reaction of bone to self-curing acrylic cement. *J. Bone Joint Surg.* **60-A**, 752—757, 1978.
22. Petty, W.: The effect of methylmethacrylate on bacterial phagocytosis and killing by human polymorphonuclear leukocytes. *J. Bone Joint Surg.* **60-A**, 752—757, 1978.
23. Feith, R., Sloff, T.J.J.H., Kazen, I. and van Rens, J.G.: Strontium ^{87m}Sr bone scanning for the evaluation of total hip replacement. *J. Bone Joint Surg.* **58-B**, 79—83, 1976.
24. Moreland, J.R., Thomas, R.J. and Freeman, M.A.R.: ICLH Replacement of the knee. *Clin. Orthop.* **145**, 47—59, 1979.
25. Insall, J.: Tibio-femoral replacement using two un-linked components and cruciate resection. In *Arthritis of the Knee*, ed. Freeman, M.A.R., Springer-Verlag, Berlin, pp.254—282, 1980.
26. Yamamoto, S.: Total knee replacement with the Kodama-Yamamoto knee prosthesis. *Clin. Orthop.* **145**, 60—67, 1979.
27. 山本純己, 児玉俊夫, 児玉 寛, 三宅孝弘, 柚木 脩, 長谷川頼彦: 人工膝関節置換後剖検例の検討. 中部整災誌, **22**, 112—114, 1979.

28. Bryan, R.S. and Rand, J.A.: Revision total knee arthroplasty. *Clin. Orthop.* 170, 116—122, 1982.
29. Coventry, M.B.: Osteotomy of the upper portion of the tibia for degenerative arthritis of the knee. *J. Bone Joint Surg.* 47-A, 984—990, 1965.
30. 腰野富久：変形性膝関節症，新臨床整形外科全書，山室隆夫編，金原出版，10B，pp.174—200，1981.
31. Insall, J., Scott, W.N. and Ranawat, C.S.: The total condylar knee prosthesis. *J. Bone Joint Surg.* 61-A, 173—180, 1979.
32. Buchanan, J.R., Green, R.B., Bowman, L.S., Shearen, A. and Gallaher, K.: Clinical experience with the variable axis total knee replacement. *J. Bone Joint Surg.* 64-A, 337—346, 1982.
33. 松井宣夫，井上駿一，村田忠雄，守屋秀繁，北原 宏，東山義龍，勝呂 徹，中村 勉，梅田 透，野平 勲一，山下武宏：リウマチ膝に対する岡大式 MII 置換術例の検討。人工関節研究会誌，10，12—13，1980.
34. 藤原紘郎：X線像による両肢アラインメントの研究。日整会誌，48，365—377，1974.
35. 武智秀夫：大腿・膝，1．総論，A．解剖。新臨床整形外科全書，山室隆夫編，金原出版，10A，pp.31—35，1981.
36. Eftekhari N.S.: Total knee replacement arthroplasty. *J. Bone Joint Surg.* 63-A, 29—35, 1981.
37. Laskin, R.S.: Total condylar knee replacement in rheumatoid arthritis. *J. Bone Joint Surg.* 63-A, 29—35, 1981.
38. Cloutier, J-M.: Results of total knee arthroplasty with a nonconstrained prosthesis. *J. Bone Joint Surg.* 65-A, 906—919, 1983.
39. Insall, J.N., Hood, K.W., Flawn, L.B. and Sullivan, D.J.: The total condylar knee prosthesis in gonarthrosis. *J. Bone Joint Surg.* 65-A, 619—628, 1983.
40. Ducheyne, P., Kagan II, A. and Lacey, J. A.: Failure of Total knee arthroplasty due to loosening and deformation of the tibial component. *J. Bone Joint Surg.* 60-A, 384—391, 1978.
41. 井上 一，周 鉅文，横山良樹，守都義明，宮田輝雄，田辺剛造：岡大式 TKR の再置換例について。第 61 回中部整災学会発表。
42. 力丸 暘，並木 脩，長谷川清，高橋清二，菊地正三：岡大式膝人工関節置換術の検討。リウマチ，23，521，1983.
43. 鳥巢岳彦：Geometric 型人工膝関節の耐用性について。整形外科，35，756，1984.
44. 宮永 豊，三井 弘：Total Condylar 型人工膝関節の成績。整形・災害外科，25，769—775，1982.

**Radiographic follow-up study of cementless total knee Replacement
(Mark-II, Okayama University Type)**

Hideo SOGAWA

Department of Orthopaedic Surgery, Okayama University Medical School

(Director : Prof. G. Tanabe)

From 1975 to 1980, cementless total knee replacement (Mark-II, Okayama university type) has been performed in 66 patients, including 22 with rheumatoid arthritis and 8 with osteoarthritis. A radiographic follow-up study was made on 30 of these cases (45 knees). The average follow-up time was 5.4 years (from 3 to 8 years). The radiographic findings were compared with clinical assessment (Three Universities' Criteria).

There was no direct correlation between clinical assessment and radiographic findings, especially in the areas of pain relief and radiographic alignment. In the radiographic follow-up, bony sclerosis spreading into the medial condyle of the tibia was found in 11 cases (24 percent). Medial tilting of the tibial component and varus deformity was significantly greater in the medial sclerosing group than in the non-sclerosing group. The overall score, including pain and lateral instability, was less in the medial sclerosing group. It was indicated that medial tilting of the tibial component and varus deformity have an indirect correlation with the clinical results of total knee replacement.