

変形性股関節症大腿骨頭骨梁の Contact microradiography による研究

大森 尚人

信州大学医学部整形外科学教室

(主任: 寺山 和雄教授)

Contact Microradiographic Studies of Trabecular Bone in the Osteoarthritic Femoral Head

Naohito OOMORI

Department of Orthopaedic Surgery, Shinshu University School of Medicine

(Director: Prof. Kazuo TERAYAMA)

Twenty femoral heads were removed from patients who had total hip replacement. Undecalcified specimens were examined using contact microradiography. Quantitative morphometric analysis was conducted to establish the percentage of trabecular bone area and the width and angle of trabecular bone. One way analysis of variance (ANOVA) was used to compare three parameters (area, width and angle) for the weight-bearing area, non-weight-bearing area and capital drop. The percentage of trabecular bone area was distinctly increased in the upper weight-bearing area, and differed significantly from the non-weight-bearing area. The trabecular angle of the capital drop was more horizontal and differed significantly from the trabecular angle of the middle weight-bearing area. This study indicates that the capital drop works to fill the space produced by displaced femoral head, but does not work as a weight-bearing area. Therefore following valgus osteotomy for advanced osteoarthritis, which converts the capital drop into a weight-bearing area, it will take a considerable time for the capital drop to grow and to become an effective weight-bearing area. *Shinshu Med J* 43: 101-111, 1995

(Received for publication October 17, 1994)

Key words: hip osteoarthritis, contact microradiography, percentage of trabecular bone area, trabecular bone width, trabecular bone angle

変形性股関節症, コンタクトマイクロラディオグラフィー, 骨量密度, 骨梁幅, 骨梁角度

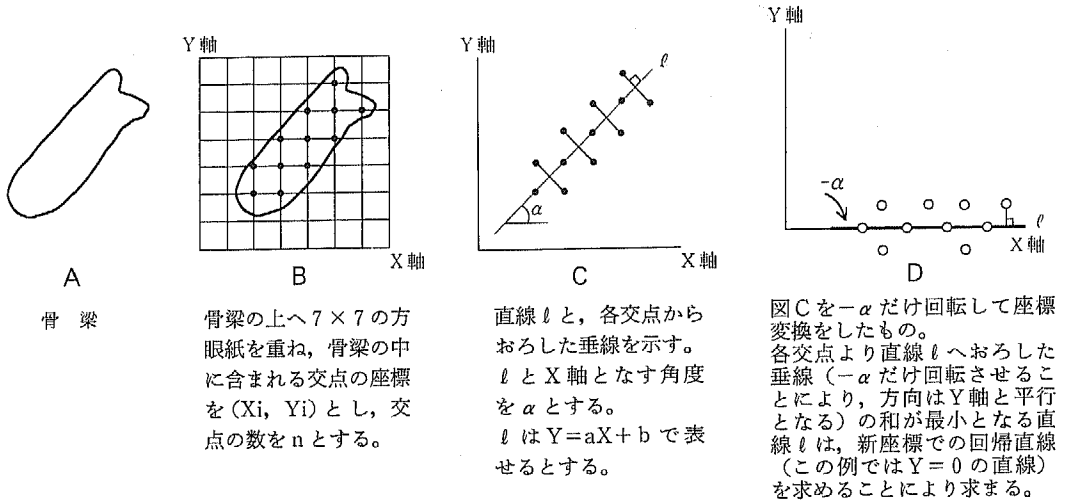
I 緒 言

変形性股関節の病理学的, 力学的研究は数多くなされている。臼蓋形成不全後の2次性変形性股関節症を生じた大腿骨頭の病理学的変化の特長のひとつとして,

capital drop とよばれる大きな骨棘の形成があげられる。病期の進行に伴い大腿骨頭の上外方への移動が起こり, それに伴い下内方に生じた空隙を埋めるように capital drop が形成される。同時に軟骨の磨耗, 軟骨下骨の骨梁の肥厚, 骨嚢胞の形成もみられる。Capital drop の発生については諸説¹⁾⁻³⁾があるが, いずれにせよ変形し亜脱臼した関節において新しく関節面を形成し, 骨頭にかかる力を分散させようとする生体の

別刷請求先: 大森 尚人

〒380 長野市三輪1-2-43 NTT長野病院整形外科



A 骨 梁

骨梁の上へ7×7の方眼紙を重ね、骨梁の中に含まれる交点の座標を(Xi, Yi)とし、交点の数をnとする。

直線 l と、各交点からおろした垂線を示す。l と X 軸となす角度を α とする。l は Y=aX+b で表せるとする。

図Cを-αだけ回転して座標変換をしたもの。各交点より直線 l へおろした垂線(-αだけ回転させることにより、方向はY軸と平行となる)の和が最小となる直線 l は、新座標での回帰直線(この例ではY=0の直線)を求めることにより求まる。

求める直線の傾きを a とすると

$$a = \frac{-n\sum(Xi^2 - Yi^2) + (\sum Xi)^2 - (\sum Yi)^2 \pm \sqrt{\{n\sum(Xi^2 - Yi^2) - (\sum Xi)^2 + (\sum Yi)^2\}^2 + 4(n\sum Xi Yi - \sum Xi \sum Yi)^2}}{2(n\sum Xi Yi - \sum Xi \sum Yi)}$$

α = arctan (a) となる。

図1 骨梁の角度を求める方法

合目的反応のひとつの現れと思われる。骨嚢胞の発生についても諸説⁹⁻¹⁰⁾があるが、力学的要因が深く関与しているものと思われる。発生部位としては Bombelli⁹⁾ は center of stress, すなわち応力の集中部位, およびかつて集中部位であったところにみられると述べている。

著者は、骨量密度や骨梁幅、骨梁の角度の絶対値(以後、角度と述べる)などが、骨頭内部でどのような分布を示し、X線像、臨床所見といかなる関連をもっているか調べることを目的とし、人工股関節置換術時に得られた大腿骨頭より非脱灰研磨標本を作成し contact microradiography を撮影し、骨量密度、骨梁幅、骨梁角度を定量的に計測して検討した。

II 実験材料および方法

1981年より1987年の間に、信州大学および長野県身体障害者リハビリテーションセンターで、人工股関節置換術時に得られた20例20股の大腿骨頭を対象とした。症例はすべて臼蓋形成不全後の2次性変形性股関節症の患者で、骨代謝に重大な影響をおよぼすような疾患を持たず、かつ股関節の疾患以外に著しく活動性をそこなう要因のないものとした。症例の年齢は50歳~75歳、平均61歳±7歳、男性1例、女性19例であった。

人工股関節置換術が初回手術のものは16例であり、その内訳は両側例7例、片側例8例、対側完全脱臼例1例であった。人工股関節置換術以前に手術を受けたものは4例であり、骨切術1例(内反骨切術)、筋解離術3例であり、4例とも両側例であった。

次に標本作製方法について述べる。人工股関節置換術にて骨頭摘出後、前額面中央全体より幅5mmの骨スライスを作成し、1週間のホルマリン固定を行った。本間と若松¹¹⁾の方法に従い、水洗し、アルコールで脱水し、アセトンに置換した後、メチルメタクリレート樹脂に包埋した。その後、EXACT社製 BONE SAW にて400μmに薄切し、サンドペーパー、砥石にて200μmまで研磨を行い、さらにガラス研磨にて80μmの厚さにまで磨いた。得られた標本から軟X線撮影装置にて、40kVp, 20mAの条件で contact microradiography を撮影した。紙焼した写真をコピーし17.5倍に拡大し、標本上の2mm×2mmの大きさの領域ごとにニコン社製 COSMOZONE にて画像解析を行い、骨梁の面積、骨梁の周囲の長さ(以下、周長とする)を測定した。面積、周長は骨梁をタブレットでトレースすることにより COSMOZONE が自動的に計測した。2mm×2mm大の各領域内で骨梁の占める面積の割合(%)を骨量密度とした。骨梁幅は各領

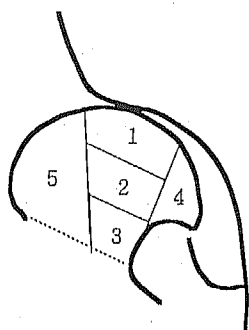


図2 大腿骨頭の各分画

- 1 : 荷重部上部 4 : Capital drop
- 2 : 荷重部中部 5 : 非荷重部
- 3 : 荷重部下部

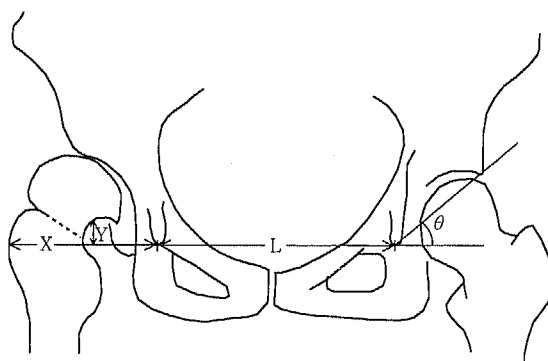


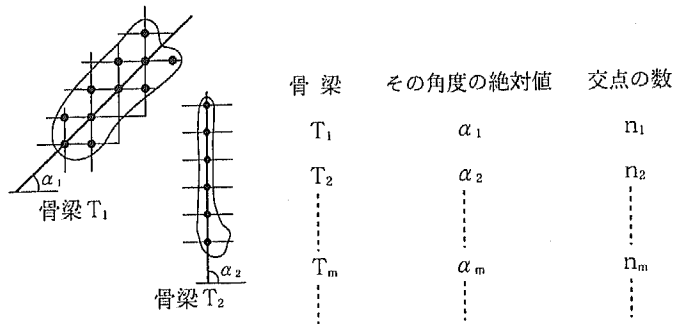
図3 X線計測法

- $X/L \times 100$: 外側偏移率
- $Y/L \times 100$: 上側偏移率
- θ : 臼蓋角

域内の骨梁を縦に細長い長方形と仮定し、(周長÷2)を長い方の辺とし、(面積)÷(周長÷2)を短い方の辺、すなわち骨梁幅とした。骨梁角度の計測については図1に示したが、2mm×2mmの関心領域をさらに縦横6本ずつの等間隔の線により7×7画素にくぎり、関心領域の左下端を原点とする2次元座標を想定した。関心領域の外周と各画素間を境する縦横8本の各線の交点の中で骨梁上に位置するものの座標(Xi, Yi)を読み込み、骨梁を通るある直線ℓに対してそれらの各交点よりおろした垂線の距離の合計を求め、この値が最少になる直線を用いて、これとX座標軸のなす角αを求める角度とした。すなわちその直線はこれを角度-αだけ回転した座標変換を行うとX軸と平行する。そして各点よりこの直線におろした垂線はY軸に平行する。この新座標における各点に対する回帰直線が求める直線ℓであり、新座標におけるその傾きは0となる¹²⁾。すなわち-αだけ原点を中心として回転させ、座標変換を行い、ここで得られた新座標において求めた回帰直線の傾きが0になるようなαが求める角度であり、図1の中の式で求められる。図1の式では解が2つあるが、その2つの解ごとにY=aX+bあるいはX=cの形で表現できる2つの直線を求めた。a, b, cは定数であり、aは傾きで、図1の中の式で求められるが、b, cはaが求まれば、回帰直線を求める式を利用して決定できる。それぞれの直線に対して各点よりおろした垂線の距離の合計を実際に求め、合計が小さい方の直線の角度をその骨梁の角度とした。また骨梁の角度は、垂直に近いのか、水平に近いのかを検

討するため、その絶対値を分析の対象とした。これにより、得られた角度は0°から90°の範囲となった。

次に骨頭内部の場所の分けかたであるが、股関節の正面X線像より、大腿骨頭の荷重面をBombelli⁹⁾の述べている方法で求めた。すなわちBombelli⁹⁾のいうspherical sectorは大腿骨頭荷重面の内側部より大腿骨頸部内側下端部へ下した線により内側が境され大腿骨頭関節面の外側部より垂直に頸部切り出し面に下した線で外側が境される。これを荷重部とし、さらに上中下の3カ所に細分した。内側のcapital dropの部分を別個に分けた。それらの場所以外の部分を非荷重部として、計5カ所に分割した(図2)。非荷重部は多くの症例では外側部のみであったが、上記に述べた方法でそれぞれの部分(以後、分画と述べる)を決定する場合、内側のcapital dropと荷重部の間の一部が、外側部分と共に非荷重部に含まれることもあった。各分画での骨量密度、骨梁幅、骨梁角度を上記述べた方法で各関心領域ごとに計測し、各分画ごとの値としてそれらの平均値を用いた。Levene検定にてそれぞれの分散に有意差がないのを確認後、各分画を要因とした一元配置分散分析を骨量密度、骨梁幅、骨梁角度を対象として行い、Scheffe法により群間の有意差を測定した¹²⁾⁻¹⁴⁾。次に臨床所見として身長、体重、年齢、罹病期間(疼痛初発より手術にいたるまでの期間)、X線所見として図3のごとく上側偏移率、外側偏移率、臼蓋角を計測した。得られた計測値と各分画の骨量密度、骨梁幅、分画全体の面積、骨梁角度それぞれとのPearsonの相関係数を調べた。



$$\text{単位骨量あたりの骨梁の角度の絶対値} = \frac{\sum(\alpha_m \times n_m)}{\sum n_m}$$

図4 単位骨量あたりの骨梁の角度の絶対値を求める方法

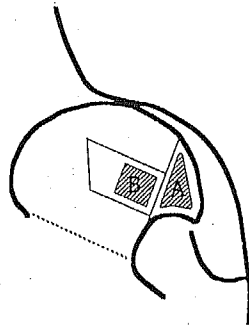


図5 骨梁1本ずつの角度の絶対値を計測

- A : Capital drop 内部
- B : 荷重部中部 8 × 8 mm

また、2mm×2mmの各関心領域ごとに角度を計測する場合、その関心領域に数本の骨梁が存在していても数個の点の集まりとして一塊として認識してしまう。また数個の関心領域にまたがる長い骨梁の場合は、おのおの関心領域で別個に角度が計測されることになる。この方法は骨梁の形が複雑な場所や、骨梁の破壊が高度の場所なども一律に計測でき、骨梁相互の位置関係も読み取ることもできるが、骨梁1本の角度をより正確に読み取るため、この方法とは別に骨梁1本ずつの角度を2mm×2mmの関心領域にとらわれず、先に述べた回帰直線を応用した方法で計測し、骨量で補正し、それをある領域内の単位骨量あたりの角度とする方法を考案した(図4)。この方法は骨梁の形が比較的すっきりしていてトレースしやすい場所での骨梁の角度を計測するのに適していると考えた。Capital dropがある程度以上成長している症例としてcapital dropの面積が骨頭全体に占める割合が10%以上のもを選んだ(9例)。それらの症例に対しcapital dropから辺縁部を除いたcapital drop内部と、荷重部中部において骨嚢胞および内側骨皮質に接しない8mm×

8mmの部分(図5)でのそれぞれの骨梁の角度を図4で述べている方法で骨梁1本ごとに計測し、単位骨量あたりの角度を計測した。これらの場所は骨梁の構造が比較的すっきりしていて、この方法による計測に適していると考えた。

なお、標本は1症例につき、前額部中央全体のものを1枚のみ作製した。検定にはエス・ピー・エス・エス社のSPSSを使用した。

III 結 果

A 各計測値の分画間の有意差

各計測値のそれぞれの分画における平均値と標準偏差を表1に示した。20症例中、capital dropは16例に見られ、4例はcapital dropがなかった。

各計測値について、Levene 検定にて分散に差がないことを確認した後、各分画間での有意差を一元配置分散分析後、Scheffe 法にて求めた(表2-4)。骨量密度は荷重部上部が大きく、非荷重部が小さかった。骨梁幅は荷重部上部と下部が非荷重部より有意に大きかった。骨梁角度は荷重部中部が非荷重部より有意に

変股症大腿骨頭骨梁の形態計測

表1 各分画のパラメーターの値

各分画	骨量密度 (%)	骨梁幅 (mm)	骨梁角度(°)の絶対値
荷重部上部	35±10	0.20±0.04	44±3.5
荷重部中部	26±7	0.18±0.04	47±4.6
荷重部下部	29±7	0.20±0.04	47±5.1
Capital drop	25±10	0.17±0.04	44±6.8
非荷重部	18±7	0.14±0.04	42±5.7

20症例, capital dropのみ16症例
 平均値±標準偏差

表2 各分画間の骨量密度の有意差

各分画	荷重部上部	荷重部中部	荷重部下部	Capital drop	非荷重部
荷重部上部					
荷重部中部	*				
荷重部下部					
Capital drop	*				
非荷重部	*	*	*		

一元配置分散分析後, Scheffe 法にて検定した。

* P < 0.05

表3 各分画間の骨梁幅の有意差

各分画	荷重部上部	荷重部中部	荷重部下部	Capital drop	非荷重部
荷重部上部					
荷重部中部					
荷重部下部					
Capital drop					
非荷重部	*		*		

一元配置分散分析後, Scheffe 法にて検定した。

* P < 0.05

表4 各分画間の骨梁角度の絶対値の有意差

各分画	荷重部上部	荷重部中部	荷重部下部	Capital drop	非荷重部
荷重部上部					
荷重部中部					
荷重部下部					
Capital drop					
非荷重部		*			

一元配置分散分析後, Scheffe 法にて検定した。

* P < 0.05

表5 臨床, X線所見と各分画のパラメーターとの相関関係

年齢	非荷重部の骨梁幅	$r = -0.47$
身長	Capital drop の骨梁角度の絶対値	$r = 0.58$
身長	荷重部下部の骨梁幅	$r = 0.50$
体重	荷重部中部の骨梁角度の絶対値	$r = -0.54$
外側偏移率	非荷重部の面積	$r = 0.59$
罹病期間	荷重部中部の角度の絶対値	$r = 0.53$
上側偏移率	荷重部中部の面積	$r = 0.55$

Pearson 相関係数
 $P < 0.05$ (両側検定)

表6 骨梁1本ずつの単位骨量あたりの角度の絶対値の荷重部中部と capital drop での比較

荷重部中部	Capital drop	
55±8.6	39±6.8	$P < 0.01$

症例数9例 (capital drop が全体に占める面積が10%以上の症例), 平均値±標準偏差 対応のある *t* 検査にて検定した。

垂直に近かった。Capital drop は骨量密度で荷重部上部より有意に小さかった以外は他の計測値でも他の分画と有意差はなかった。

B 臨床所見, X線所見と各分画の各計測値の Pearson の相関関係

次に臨床所見として身長, 体重, 年齢, 罹病期間, X線所見として上側偏移率, 外側偏移率, 白蓋角を計測し, それぞれと各分画の骨量密度, 骨梁幅, 骨梁角度, 各分画の面積との Pearson の相関係数を調べた (表5)。その結果, 年齢と非荷重部の骨梁幅 ($r = -0.47$), 身長と capital drop の骨梁角度 ($r = 0.58$), 身長と荷重部下部の骨梁幅 ($r = 0.50$), 体重と荷重部中部の骨梁角度 ($r = -0.54$), 外側偏移率と非荷重部の面積 ($r = 0.59$), 罹病期間と荷重部中部の角度 ($r = 0.53$), 上側偏移率と荷重部中部の面積 ($r = 0.55$) に $P < 0.05$ (両側検定) の相関関係を認めた。

C Capital drop が全体に対して10%以上ある群の骨梁1本ずつの角度

荷重部中部と capital drop との間では2mm×2mmの各関心領域ごとに角度を測り, その平均値をその分画の骨梁の角度とする方法では有意差が見られなかった (表4)。2mm×2mmの各関心領域ごとに角度を測る方法は, 骨頭全体の骨梁の角度をひとつおき計測

するには適した方法であるが, 骨梁1本ずつの大きさをより直接的に示すために, 骨梁の角度を1本ずつ計測し, 骨量の大きさを補正し, 単位骨量あたりの角度を計測する方法を考案した (図4)。この方法は骨梁の形が比較的すっきりしていてトレースしやすい場所の計測には適していると考ええる。

この方法を用い, capital drop がある程度成長している群として, capital drop の面積が骨頭全体に対し10%以上ある群を選び, capital drop の辺縁の部分を除いた capital drop 内部の骨梁と, 荷重部中部で骨嚢胞および頸部内側の骨皮質に接しない8mm×8mmの部分の骨梁のそれぞれの単位骨量あたりの骨梁の角度を求めた (図5)。その結果は表6のごとくであるが, それぞれの間には対応のある *t* 検定にて $P < 0.01$ の有意差を認め, 荷重部中部の骨梁は capital drop の内部の骨梁より有意に垂直に近かった。次に症例を提示する。

症例1 (図6A)は手術時の年齢57歳, 女性, 両側例の左側を示す。罹病期間は21年, 身長152cm, 体重38kgである。44歳時に患側に筋解離手術を受けている。白蓋角は45° (対側44°), 上側偏移率14% (対側24%), 外側偏移率77% (対側73%)であった。骨嚢胞が上部, 下外側部に多数見られ, 骨頭前額面中央全体に占める割合が28%であり, かつ capital drop はみられなかった。骨嚢胞周囲には太く骨量密度の高い骨梁が見られた。荷重部中部の骨梁角度は57°であり, 非荷重部の骨梁角度は40°であった。

症例2 (図6B)は75歳, 女性, 両側例の右側である。53歳時に左に外反骨切術を受けた。身長144cm, 体重54kg, 罹病期間は22年であった。白蓋角は39° (対側37°), 上側偏移率9% (対側14%), 外側偏移率85% (対側81%)であった。Capital drop が全体に占める割合は7%であり, 大きな骨嚢胞が外側の上部

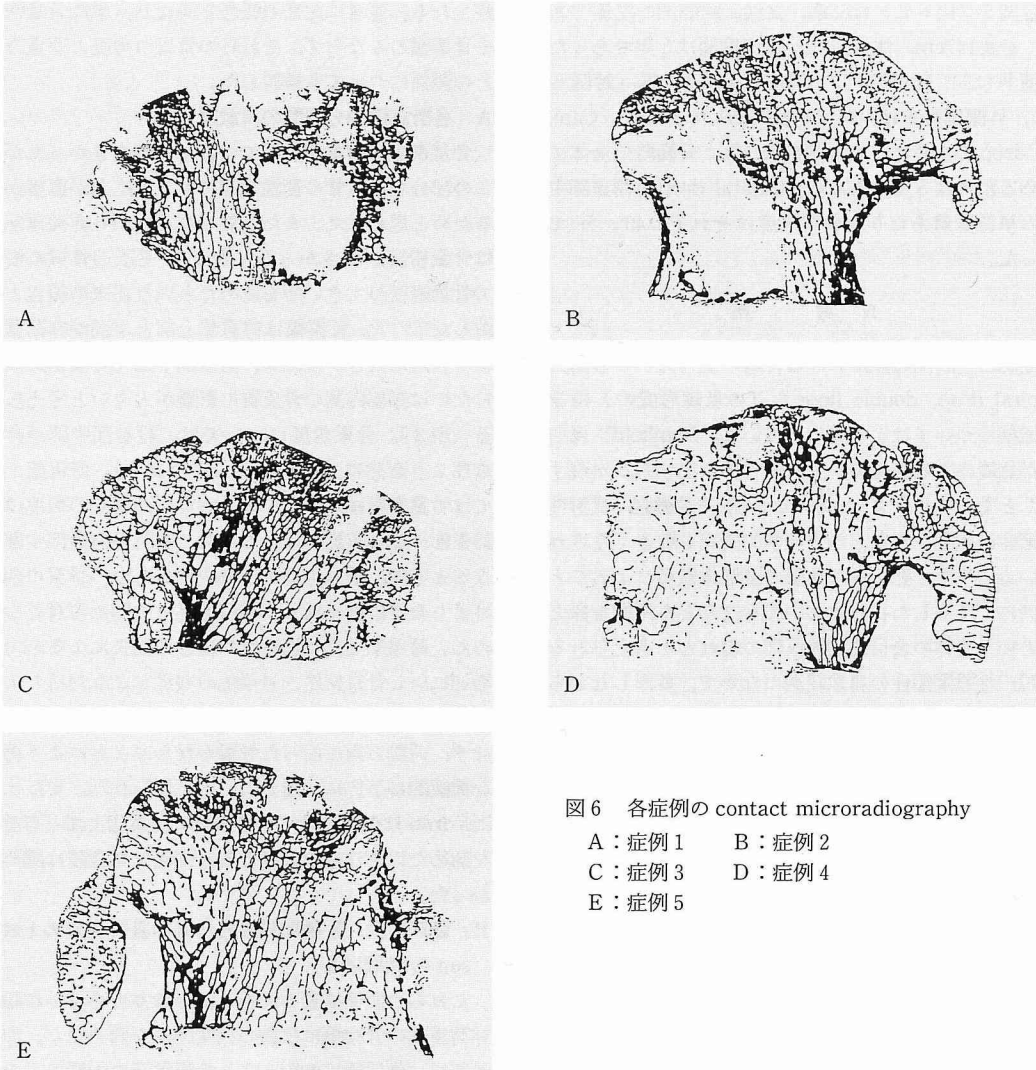


図6 各症例の contact microradiography

- A : 症例 1 B : 症例 2
- C : 症例 3 D : 症例 4
- E : 症例 5

から下部にかけて見られ、骨嚢胞が全体に占める割合は23%であった。Capital dropの骨梁角度は46°、荷重部中部の骨梁角度も46°であり、非荷重部の骨梁角度は29°であった。

症例3(図6C)は51歳、女性、片側例の左側である。身長149cm、体重59kg。人工股関節置換術以前の手術歴はない。罹病期間は5年であった。白蓋角は49°(対側37°)、上側偏移率は3%(対側-4%)、外側偏移率は70%(対側63%)であった。内側に上部から下部にかけてよく発達したcapital dropが見られ、capital dropが全体に占める割合は21%であった。骨嚢胞は外側上中部にかけて見られ、全体に占める割合

は5%であった。Capital dropと荷重部中部のそれぞれの単位骨量あたりの角度は34°、51°であった。

症例4(図6D)は68歳、女性、両側例の右側である。身長143cm、体重50kg。59歳時に患側の内反骨切術を受けた。罹病期間は35年であった。白蓋角は47°(対側48°)、上側偏移率は0%(対側12%)、外側偏移率は79%(対側79%)であった。内側に比較的発達したcapital dropを認め、その全体に占める割合は18%であった。上外側に骨嚢胞を認め、全体に占める割合は1%であった。Capital dropと荷重部中部での単位骨量あたりの骨梁角度はそれぞれ34°、68°であった。

症例5 (図6E) は68歳, 女性, 両側側の左側である。身長147cm, 体重60kg, 罹病期間は5年であった。臼蓋角は30° (対側44°), 上側偏移率は1% (対側5%), 外側偏移率は74% (対側70%) であった。Capital dropの全体に占める割合は11%, 骨嚢胞の全体に占める割合は5%であった。Capital dropと荷重部中部の単位骨量あたりの骨梁角度はそれぞれ40°, 68°であった。

IV 考 案

亜脱臼性股関節症における骨頭の上下方への移動, capital drop, double floorなどの骨棘形成のX線学的推移についてはよく知られている。Bombelli³⁾ は臼蓋が急峻になると骨頭を上外側へ押し出す力が出現することを示した。また capital drop や骨嚢胞, 変形性股関節症の軟骨下骨などの病理学的研究も数多くなされている¹¹⁻¹⁵⁾。それらは骨頭の破壊や変形によることと共に, 変形した状態においてもなんとか平衡を保とうという生体の合目的な反応の現れとも考えられる。亜脱臼性股関節症の自然経過のなかで, 変形しながらも骨棘により新たに関節面が形成され, ある状態で平衡を保っているものも見られる¹⁹⁻²²⁾。しかし, 大多数のものは自然経過とともに変形が経時的に進み, 末期股関節症となる。Bombelli³⁾ は骨棘形成により股関節症が修復されるという自然の適合力に注目し, capital drop が荷重面になる骨切術を推奨している。

Shinghら²³⁾ は大腿骨頭の骨梁構造を調べ, 荷重方向に走る主および副圧迫骨梁と, それらとは方向の違う主および副引張り骨梁に分け, 年齢による骨粗鬆症が進むに伴い荷重方向の骨梁のみが残り, 最終的には主圧迫骨梁のみになると述べている²⁴⁻²⁶⁾。また, Wolf²⁷⁾ は, 生体の骨組織は生体にかかる力学的要因に応じて改変すると述べている (Wolfの法則)。

変形性股関節症の摘出骨頭の硬組織学的な研究ならびに大腿骨頭骨梁の微細構造については多数の報告がある²⁸⁻⁴³⁾。紫藤と東倉³⁶⁾, 秋田³⁷⁾, 沖田ら³⁸⁾ は, 変形性股関節症大腿骨頭ではShinghら²³⁾ の述べている主圧迫骨梁の部分に沿って骨量が増すと述べているが, それはBombelli³⁾ のいう spherical sector とほぼ一致し, 今回の研究で荷重部とした所ともほぼ一致する。また, Reimanら³⁹⁾ や, Jeffery^{42,43)} は, 変形性股関節症での骨形成能の高さについて述べている。いずれにせよ変形した状態においても生体はWolfの法則に従い, 応力の変化に応じ, 骨形態を改変していくと推

察される。著者は従来の報告と異なり, 単に骨量密度や骨梁幅のみならず, それらの骨梁の角度と荷重方向との関係についても検討した。

A 各計測値の分画間の有意差

骨量密度は荷重部上部で大きかったが, この部分では軟骨の変性や消失により応力が直接かかるためと思われた。また当然のことながら非荷重部では骨量密度が小さかった (表2)。主圧迫骨梁に沿って骨量密度の大きい所を認めたという従来の報告と一致した³³⁶⁾⁻³⁸⁾。骨梁幅は荷重部上部と下部が非荷重部より有意に大きかったが, 荷重部下部で骨梁幅が厚かったのは頸部内側の骨皮質の影響が大きいと考えられる (表3)。骨梁角度については, 荷重部中部が非荷重部より有意に垂直に近かった (表4)。荷重部上部では骨量密度は大きく, 幅も太いが, 骨梁の角度は非荷重部に比し有意差はなかった。それが荷重部中部になると密度, 幅は上部より減少するものの骨梁の角度はより垂直に近くなり, 非荷重部との間で有意差を認めた。荷重部上部では軟骨の変性や消失による応力の増加に対し骨量密度や骨梁幅の増加により対抗しようとしているが, 荷重部中部になると骨量はさほど増加せず, 荷重方向に沿った骨梁がならぶことにより荷重を機能的に下方に伝達していると思われた。また capital drop については, 骨量密度で荷重部上部と有意差を認めた以外は他の分画と各計測値で有意差は認めなかった。

B 臨床所見, X線所見と各分画の各計測値のPearsonの相関関係

これらの関係は表5に示したとおりである。年齢と非荷重部の骨梁幅には負の相関関係を認めたが, 非荷重部では骨梁幅は加齢による骨粗鬆症の影響のみを受け, 関節の変形による力学的な影響を受けないためと考えられた。

C Capital dropが全体に対して10%以上ある群の骨梁1本ずつの角度

骨梁角度の計測方法として, 著者は図1のように回帰直線を応用した方法を考案し, 骨頭標本上2mm×2mmの各関心領域ごとに角度を計測した。この方法では骨梁の相互関係をとらえることもでき, また骨量密度の分散が小さければ, いくつかの関心領域の集まりに対し, その平均値をその部分の角度とする方法を用いても各関心領域の骨量密度の大きさの影響をあまり受けないと考えられる。つまり, 今回のように, 標本をいくつかの分画に分け, その分画内の骨量密度の分

散が小さい場合はその分画全体の角度を反映することができる優れた方法であると考えている。著者は、その方法とは別に、骨梁の1本ずつの大きさと角度をより直接的に示すために、骨梁1本ずつの角度を回帰直線を利用した方法で計測し、骨量による補正をした単位骨量あたりの骨梁角度の絶対値の計測方法を考案した(図4)。この方法は各関心領域ずつ計測する方法にくらべると骨梁相互の位置関係を捕らえることはできず、骨量密度が高すぎる場所や、かつ骨梁構造の破壊が進み骨梁が細片化している場所では骨梁を1本ずつたどるのが難しく、そういう場所での計測は不適当と考える。しかし、骨梁の形が比較的整っているとと思われる場所では、その骨梁1本ずつの角度を推測するのに適していると考えている。この方法を用い、計測に適している場所として capital drop が全体に対して10%以上ある群で、capital drop の辺縁部を除いた capital drop 内部の骨梁と、荷重部中部で、内側骨皮質および骨嚢胞に触れない8mm×8mmの部分の骨梁の単位骨量あたりの角度の絶対値を計測した。Capital drop はその周囲が軟骨に包まれており、その軟骨直下に沿い骨梁が走り、capital drop の縁取りをするようになっている。その部分をのぞき、capital drop 内部の骨梁の角度を分析の対象にした。また、capital drop がある程度に成熟しているもののみを対象として、capital drop の面積が骨頭全体に対して10%以上あるものを選んだ。その結果は表6のとおりであるが、capital drop 内部の骨梁の角度は荷重部中部の骨梁に比し、有意に水平に近いことがわかった。

変形性股関節症では骨頭の変形と上外側方向への移動、白蓋傾斜角の変化、白蓋と骨頭表面の適合性の変化などにより、骨頭に加わる応力伝達は大きく変化する。その際、生体のX線像で推定される主応力線の走る方向に一致して、骨量密度、骨梁幅が維持されるのはもちろんであるが、骨梁角度も応力に一致して垂直方向を保っていることが今回の研究で証明された。観点を変えれば、生理学的な骨粗鬆症の発生過程で、まず主引張り骨梁が消失すると同様に、変形した股関節の大腿骨頭においても、荷重伝達に不要な骨梁が少なくなって消失し、必要な骨梁がより強調されていくという自然の法則に従っていることが明らかとなった。また capital drop の内部の骨梁の角度が水平に近かったのは、この成因に Bombelli³⁾ の述べているように、骨頭を上外側方向へ押し出す水平に近い力が関与しているためと考えられる。Bombelli³⁾ は進行期股関節症

に対し capital drop を荷重面に移動する骨切術を推奨しているが、capital drop の骨量密度は少なく、骨梁幅も細く、また内部の骨梁1本ずつの角度も水平に近い。すなわち、この手術が行われ、良好な結果が得られるためには、capital drop 内部の骨梁の骨量密度、骨梁幅、骨梁の角度などが荷重に耐えられるように改変される必要があり、そのためには長期間を要すると考えられる。よって Bombelli 手術後の後療法は、移動した capital drop の骨梁構造に合わせて、慎重に行うことが重要であることをこの研究は示唆している。

V 結 語

白蓋形成不全後の2次性変形性股関節症20例の大腿骨頭の contact microradiography を作製し、骨量密度、骨梁幅、骨梁の角度を計測し、以下の結果を得た。

- 1 骨量密度は荷重部上部がきわだって大きく、非荷重部が小さかったが、その場所にかかる応力の大きさを表していると考えられた。
- 2 骨梁幅は荷重部上部と荷重部下部において非荷重部より有意に大きかった。荷重部下部で大きいのは、頸部内側骨皮質の影響があると考えられた。
- 3 骨梁の角度については、各関心領域について計測する方法では、荷重部中部と非荷重部の間で有意差を認め、荷重部中部のほうがより垂直に近かった。荷重部中部では荷重方向に沿って骨梁が配列するようになると考えられた。
- 4 骨梁の角度について、capital drop が10%以上ある群で、capital drop の内部と、荷重部中部の8×8mmの部分で骨梁1本ずつの角度を計測し、単位骨量あたりの角度を求めたものでは、両者の間に有意差を認めた。Capital drop 内部の骨梁は荷重部中部に比べ、より水平に近かった。
- 5 年齢と非荷重部の骨梁幅との間に Pearson の相関関係 ($r = -0.47$) を認めたが、この部分は変形による力学的な影響を受けず、年齢による骨粗鬆症の影響のみを受けるためと考えられた。

謝 辞

稿を終えるにあたり、御指導、御校閲をいただきました、信州大学整形外科学教室、寺山和雄教授に深謝致します。また御指導、御助力いただきました長野県身体障害者リハビリテーションセンターの武井経憲先生に感謝致します。

文 献

- 1) Harrison MHM, Schajowics F, Trueta J: Osteoarthritis of the hip. J Bone Joint Surg [B] 35: 598-626, 1953
- 2) 廣谷速人: 変形性股関節症大腿骨頭における破壊と修復. 臨整外 12: 10-20, 1977
- 3) Bombelli R: Osteoarthritis of the Hip. 2nd ed, pp 1-166, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1983
- 4) Ondrouch AS: Cyst formation in osteoarthritis. J Bone Joint Surg [B] 45: 755-760, 1963
- 5) Rhaney K, Lamb DW: The cyst of osteoarthritis of the hip. J Bone Joint Surg [B] 37: 663-675, 1995
- 6) Ferguson AB: The pathology of degenerative arthritis of the hip and use of osteotomy in its treatment. Clin Orthop 77: 84-97, 1971
- 7) 浜田良機: 変形性股関節症の骨頭におけるのう腫の病理組織学的検索. 日整会誌 52: 375-389, 1978
- 8) 浜淵正延: 臼蓋形成不全に起因する変形性股関節症の大腿骨頭に発生する骨嚢包の研究. 日整会誌 52: 1589-1605, 1978
- 9) Landells JW: The bone cysts of osteoarthritis. J Bone Joint Surg [B] 35: 643-649, 1953
- 10) 上尾豊二, 中村孝志, 奥村秀雄, 山室隆夫, 堤 定美: 変股症骨嚢包の発生および存在に対する生体力学的解析. 臨整外 18: 1239-1248, 1983
- 11) 本間哲夫, 若松英吉: 非脱灰研磨染色標本作製法. 高橋栄明(編), 骨形態計測ハンドブック, 第1版, pp 34-44, 西村書店, 新潟, 1983
- 12) 市原清志: バイオサイエンスの統計学. pp 1-342, 南江堂, 東京, 1993
- 13) 大村 平: 実験計画と分散分析のはなし. pp 1-212, 日科技連出版社, 東京, 1984
- 14) 陶山昭彦: 多群間の解析技法. 整・災外 37: 757-764, 1994
- 15) 宮永 豊: 変形性関節症の粘弾性. 山本 真, 杉岡洋一, 二ノ宮節夫(編), 変形性関節症のすべて, 第1版, pp 169-174, 医歯薬出版, 東京, 1982
- 16) Solomon L: Patterns of osteoarthritis of the hip. J Bone and Joint Surg[B] 58: 176-183, 1976
- 17) Nakamura S, Ninomiya S, Nakamura T: Primary osteoarthritis of the hip joint in Japan. Clin Orthop 241: 190-196, 1989
- 18) Harris WH: Etiology of osteoarthritis of the hip. Clin Orthop 213: 20-33, 1986
- 19) Cooperman DR, Wallenstein R, Stulberg D: Acetabular dysplasia in the adult. Clin Orthop 175: 79-85, 1983
- 20) Perry GH, Smith MJG, Whiteside CG: Spontaneous recovery of the joint space in degenerative hip disease. Ann Rheum Dis 31: 440-448, 1972
- 21) Hasegawa Y, Iwata H, Mizuno M, Genda E, Sato S, Miura T: The natural course of osteo-arthritis of the hip due to subluxation or acetabular dysplasia. Arch Orthop Trauma Surg 111: 187-191, 1992
- 22) Weinstein SL: Natural history of congenital hip dislocation (CDH) and hip dysplasia. Clin Orthop 225: 62-76, 1987
- 23) Shingh M, Nagrath AR, Maini PS: Changes in trabecular pattern of the upper end of the femur as an index of osteoporosis. J Bone Joint Surg [A] 52: 457-467, 1970
- 24) Mautalen C, Vega E, Ghiringhelli G, Fromm G: Bone diminution of osteoporotic females at different skeletal sites. Calcif Tissue Int 46: 217-221, 1990
- 25) Wong SYP, Kariks J, Evans RA, Dunstan CR, Hills E: The effect of age on bone composition and viability in the femoral head. J Bone Joint Surg [A] 67: 274-283, 1985
- 26) 廣谷速人, 大西紀夫: 骨粗鬆症の病態. 吉川靖三(編), 整形外科MOOK23, 骨系統疾患, pp 267-280, 金原出版, 東京, 1982

- 27) Wolf J : The law of bone remodeling (translated by Maquet P, Farlong R). pp 3-74, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1986
- 28) Watson M : Microfractures in the head of femur. J Bone Joint Surg [A] 57 : 696-698, 1975
- 29) Koszyca B, Fazzalari NL, Vernon-Roberts B : Trabecular microfractures. Clin Orthop 244 : 208-216, 1989
- 30) Urovits EPM, Fornasier VL, Risen MI, Mcnab I : Etiological factors in the pathogenesis of femoral trabecular fatigue fractures. Clin Orthop 127 : 275-280, 1977
- 31) Fazzalari NL, Vernon-Roberts B, Darracott J : Osteoarthritis of the hip. Clin Orthop 216 : 224-233, 1987
- 32) Cameron HU, Fornasier VL : Trabecular stress fractures. Clin Orthop 111 : 266-268, 1975
- 33) Trueta J : Studies on the etiopathology of osteo-arthritis of the hip. Clin Orthop 31 : 7-19, 1963
- 34) Ilardi CF, Sokoloff L : Secondary osteonecrosis in osteoarthritis of the femoral head. Human Pathol 15 : 79-83, 1984
- 35) Fazzalari NL, Darracott J, Vernon Roberts B : A quantitative description of selected stress regions of cancellous bone in the head of the femur using automatic image analysis. Metab Bone Dis Relat Res 5 : 119-125, 1983
- 36) 紫藤徹郎, 東倉 萃 : 変形性股関節症の trabecular pattern. 整形外科 25 : 1060-1069, 1974
- 37) 秋田 徹 : 大腿骨頭無腐性壊死の骨構造に関する組織学的研究. 日整会誌 57 : 1755-1772, 1983
- 38) 沖田伸治, 三浦幸雄, 永井秀三, 田中 恵, 今給黎篤弘, 出沢正徳, 谷田貝豊彦 : 変股症大腿骨頭の骨梁の X線学的および硬組織学的研究. 関東整災誌 12 : 519-527, 1981
- 39) Reiman I, Mankin HJ, Trahan C : Quantitative histologic analyses of articular cartilage and subchondral bone from osteoarthritic and normal human hips. Acta Orthop Scand 48 : 63-73, 1977
- 40) Kusakabe A : Subchondral cancellous bone in osteo-arthrosis and rheumatoid arthritis of the femoral head. Arch Orthop Unfallchir 88 : 185-197, 1977
- 41) Havdrup T, Hulth A, Telhag H : The subchondral bone in osteoarthritis and rheumatoid arthritis of the knee. Acta Orthop Scand 47 : 345-350, 1976
- 42) Jeffery AK : Osteophyte and the osteoarthritic femoral head. J Bone Joint Surg [B] 57 : 314-324, 1975
- 43) Jeffery AK : Osteogenesis in the osteoarthritic femoral head. J Bone Joint Surg [B] 55 : 262-273, 1973

(6. 10. 17 受稿)