

## 骨成熟を迎えたペルテス病における大腿骨頭形態評価の試み

中村 順一<sup>1)</sup>・亀ヶ谷 真琴<sup>2)</sup>・西須 孝<sup>3)</sup>  
瀬川 裕子<sup>3)</sup>・若生 政憲<sup>3)</sup>・高澤 誠<sup>1)</sup>  
及川 泰宏<sup>3)</sup>・高橋 和久<sup>1)</sup>

1) 千葉大学大学院医学研究院整形外科

2) 千葉こどもとおとなの整形外科

3) 千葉県こども病院整形外科

**要旨** 【目的】 骨成熟を迎えたペルテス病における大腿骨頭形態の定量的な評価を試みること。  
【対象・方法】 保存的に骨成熟まで経過観察したペルテス病 41 股と健側 28 股を対象とした。% Sphericity of the femoral head, Acetabular Head Index (AHI), Articulo-Trochanteric Distance (ATD), Kamegaya の修正 Stulberg 分類, Mose 法を測定した。  
【成績】 % Sphericity は健側正面 91% および側面 90%, 患側正面 60% および側面 63% であった。正面像と側面像の % Sphericity は強い正の相関を示した。% Sphericity は AHI および ATD とそれぞれ正の相関を示した。% Sphericity は修正 Stulberg 分類および Mose 法の重症度を反映した。  
【結論】 % Sphericity of the femoral head は大腿骨頭形態の指標の一つになり得ることが示唆された。

### はじめに

ペルテス病の治療成績は、大腿骨頭が球形であるほど長期経過が良好であるという事実に基づいて、Mose 法<sup>5)</sup>や Stulberg 分類<sup>9)</sup>により評価されることが多い。Stulberg は平均 40 年間の長期自然経過観察を行い、I 群および II 群は予後良好であったが、III 群は約 60%、IV 群および V 群では約 80% に関節症性変化をきたしたと報告している。しかし、Mose 法や Stulberg 分類は離散変数であるため、定性的な評価法であるといえる。大腿骨頭の球形度を連続変数として定量的に評価することができれば、多変量解析を用いて重症度と予後

との関連を検討する際に、より有力な指標となる。

本研究の目的は、骨成熟を迎えたペルテス病における大腿骨頭形態の定量的な評価を試みることである。

### 方法

保存的に骨成熟まで自然経過を観察し得たペルテス病 41 股とその健側 28 股を対象とした。ペルテス病発症時年齢は平均 4.8 歳 (2~6 歳)、最終観察時年齢は平均 17.8 歳 (14~22 歳)、経過観察期間は平均 13.0 年間 (9~18 年間) であった。

検討項目は、大腿骨頭形態の指標として、最終観察時における股関節単純 X 線正面像と側面像

**Key words** : Legg-Calvé-Perthes disease ; LCPD (ペルテス病), % sphericity of the femoral head (大腿骨頭の球形度), skeletal maturity (骨成熟), quantification (定量化)

連絡先 : 〒 260-8677 千葉市中央区亥鼻 1-8-1 千葉大学大学院医学研究院整形外科 中村順一 電話 (043) 226-2117  
受付日 : 平成 23 年 2 月 24 日

a | b

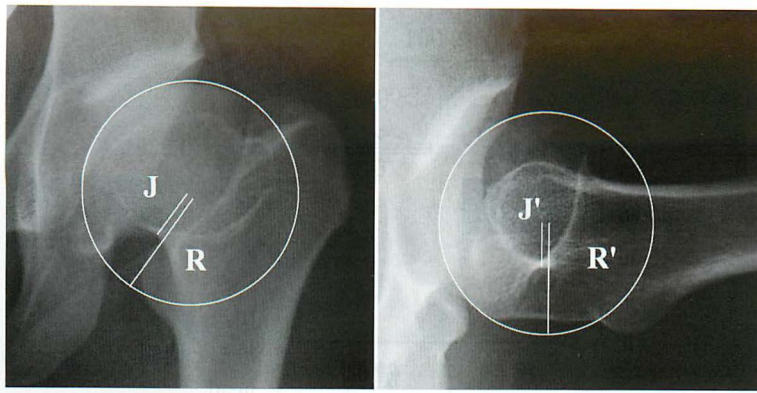


図 1. % Sphericity of the femoral head の計測方法  
単純 X 線像で骨頭荷重部に沿う正円を描き、この円の半径(R)と円の中心から head neck junction までの最短距離(J)の百分率を% Sphericity of the femoral head と定義する( $\% \text{ sphericity} = J/R \times 100$ )。正面像(a)と側面像(b)でそれぞれ測定する。

での% Sphericity of the femoral head<sup>6)</sup>, Acetabular Head Index(AHI)<sup>3)</sup>, Articulo-Trochanteric Distance(ATD)<sup>1)</sup>, Kamegaya の修正 Stulberg 分類<sup>1)</sup>, Mose 法<sup>5)</sup>であった。

% Sphericity of the femoral head は、単純 X 線像で骨頭荷重部に沿う正円を描き、この円の半径と円の中心から head neck junction までの最短距離の百分率と定義し、正面像と側面像でそれぞれ測定した(図 1)。AHI は、単純 X 線正面像において、水平方向での骨頭横径と白蓋被覆の百分率と定義した(図 2)。ATD は、垂直方向での骨頭関節面の頂点と大転子尖の距離と定義した(図 2)。Stulberg 分類は原著によると<sup>9)</sup>, I 群は「完全に正常な股関節」、II 群は「正面像と側面像で同じ半径の同心円となる球形骨頭であるが、巨大骨頭や頸部短縮、急峻な白蓋を伴う」、III 群は「扁平骨頭であり、巨大骨頭や頸部短縮、急峻な白蓋を伴う」、IV 群は「扁平骨頭であり、巨大骨頭や頸部短縮、急峻な白蓋を伴う」、V 群は「扁平骨頭であるが、正常な頸部長と正常な白蓋傾斜」と定義される。Kamegaya の修正 Stulberg 分類<sup>1)</sup>は、原著の Stulberg II 群および III 群の中で、Mose 法で 0 mm の球形骨頭を真の II 群、2 mm までの差があるものを III a 群、3 mm 以上の差があるものを III b 群と定義し直した点が相違点である。Mose 法は、股関節単純 X 線像で大腿骨頭に 2 mm 刻みの同



図 2. Acetabular Head Index(AHI)と Articulo-Trochanteric Distance(ATD)の計測方法  
単純 X 線正面像において、水平方向での骨頭横径と白蓋被覆の百分率を AHI と定義する( $\text{AHI} = \text{白蓋被覆} / \text{骨頭横径} \times 100$ )<sup>3)</sup>。垂直方向での骨頭の頂点と大転子尖の距離を ATD と定義する<sup>1)</sup>。

心円の定規を当てはめることにより、球形度を good, fair, poor の 3 つに分類する方法である。すなわち原著を忠実に訳せば<sup>5)</sup>, good:「球形骨頭であり、正面像と側面像で同じ半径の円に接し、epiphyseal quotient<sup>3)</sup>は 60% 以上である」、fair:「骨端部は球形であるが、三日月状であり扁平化していて、epiphyseal quotient は 60% 未満である。同心円の差が 2 mm を超えない」、poor:「楕円形、マッシュルーム形、卵形、四角形などの形状とは無関係に、すべての非球形骨頭を含める。正面像と側面像での同心円の半径が異なる。その他の計測法とは無関係に判断する」と定義される。

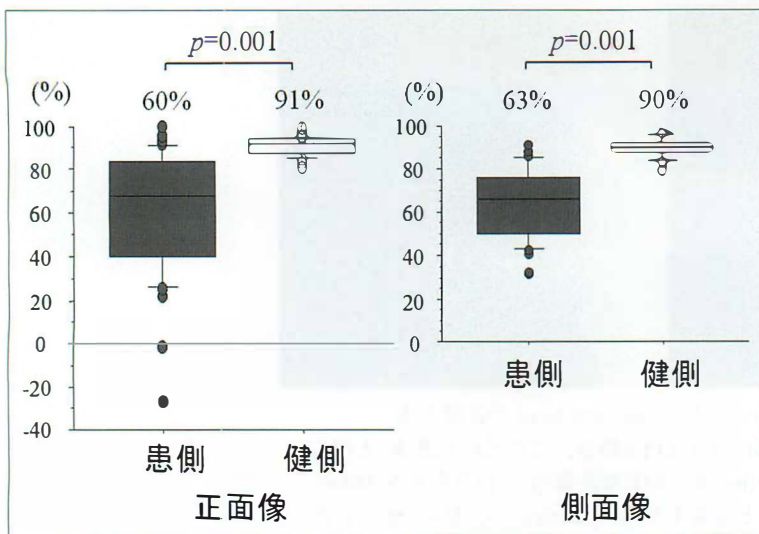


図 3. 患側と健側の% Sphericity of the femoral head  
正面像、側面像ともに患側の% Sphericityは健側に比べて、有意に低い(Mann-WhitneyのU検定).

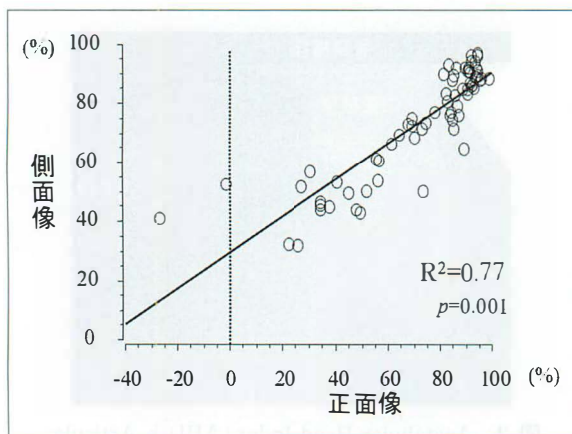


図 4. 正面像と側面像の% Sphericity of the femoral headの相関関係  
強い正の相関を認める(Spearmanの相関係数). % Sphericity(側面像) =  $0.61 \times$  % Sphericity(正面像) + 29.7  $R^2=0.77$ .

統計解析について、% Sphericity of the femoral headの患側と健側の比較にはMann-WhitneyのU検定を用いた。% Sphericityの正面像と側面像の関係、およびAHI、ATDとの関係はSpearmanの相関係数を用いた。% SphericityとKamegayaの修正Stulberg分類およびMose法との関係は一元配置分散分析とBonferroniの検定を用いた。統計ソフトはSPSS16.0Jを用い、 $p < 0.05$ を有意とした。

### 結 果

% Sphericity of the femoral headは正面像において患側平均60%(-27.1%~100%)、健側平均

91%(81.4%~99%)であり、患側は有意に低値であった( $p=0.001$ , 図3)。側面像においても患側平均63%(31.7%~91.1%)、健側平均90%(79.0%~96.9%)であり、患側は有意に低値であった( $p=0.001$ )。正面像と側面像の% sphericityは強い正の相関を示した(図4)。AHIと% Sphericity of the femoral headは正面像、側面像ともに中等度の正の相関を示した(図5)。ATDと% Sphericity of the femoral headは正面像、側面像ともに強い正の相関を示した(図6)。

修正Stulberg分類と% Sphericityの関係は、修正Stulberg分類が不良であるほど、% sphericityは正面像、側面像ともに低値を示した(図7)。正面像での% SphericityはStulberg分類I群で92%、II群で89%、IIIa群で78%、IIIb群で45%、IV群で11%であった。I群とIIIa群、IIIa群とIIIb群、IIIb群とIV群の間に有意差を認めた(それぞれ $p=0.004$ , 0.001, 0.001)。側面像での% SphericityはStulberg分類I群で88%、II群で86%、IIIa群で78%、IIIb群で48%、IV群で45%であった。I群とIIIa群、IIIa群とIIIb群の間に有意差を認めた(それぞれ $p=0.012$ , 0.001)。

Mose法と% Sphericityの関係は、Mose法が不良であるほど、% Sphericityは正面像、側面像ともに低値を示した(図8)。正面像での% Sphericityはgoodで91%、fairで79%、poorで37%であった。goodとfair、fairとpoorの間に有意差を認めた(それぞれ $p=0.012$ , 0.001)。側面像で

図 5.  
AHI と % Sphericity of the femoral head の相関関係  
正面像, 側面像ともに中等度の正の相関を認める (Spearman の相関係数).  $AHI = 0.24 \times \% \text{ Sphericity (正面像)} + 59.0$   $R^2 = 0.49$ .  $AHI = 0.34 \times \% \text{ Sphericity (側面像)} + 51.7$   $R^2 = 0.46$ .

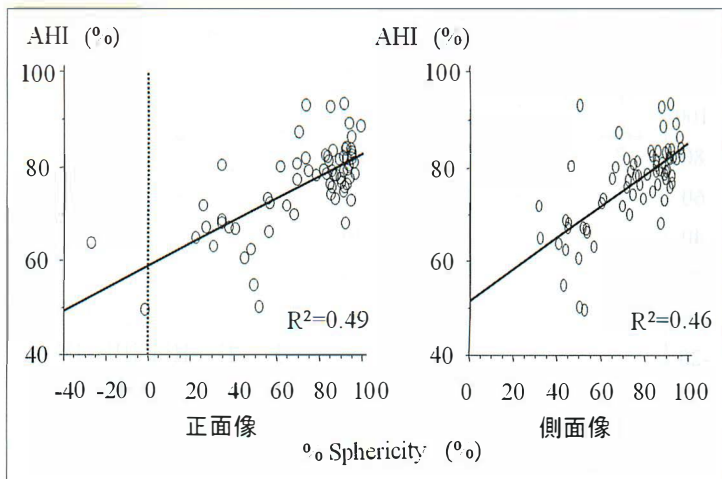
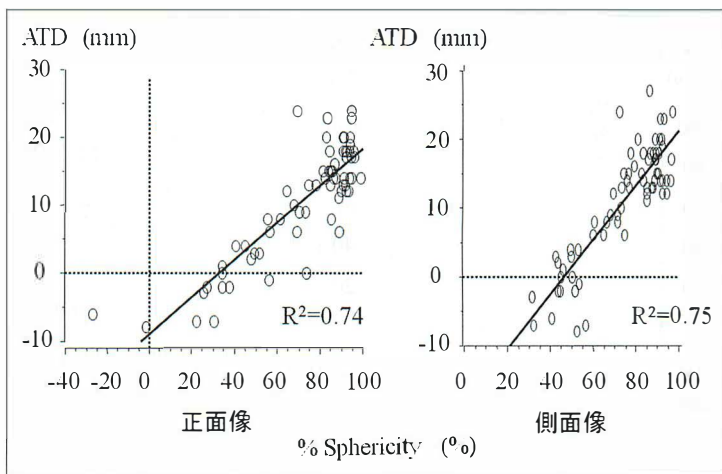


図 6.  
ATD と % Sphericity of the femoral head の相関関係  
正面像, 側面像ともに強い正の相関を認める (Spearman の相関係数).  $ATD = 0.27 \times \% \text{ Sphericity (正面像)} - 8.9$   $R^2 = 0.74$ .  $ATD = 0.40 \times \% \text{ Sphericity (側面像)} - 18.5$   $R^2 = 0.75$ .



の % Sphericity は good で 87%, fair で 79%, poor で 48%であった. Good と fair, fair と poor の間に有意差を認めた (それぞれ  $p = 0.003$ ,  $0.001$ ).

## 考 察

球形度の指標として汎用される Mose 法<sup>3)</sup>は, 卵形やマッシュルーム形といった骨頭変形の主観的な分類に対して, より客観的で再現性のある分類を試みたものである. Mose は視覚的に楕円と認識される扁平骨頭の輪郭は, 同心円の定規を用いると, より大きな円の弧の一部であるとみなすことができると述べている. 本研究でも, 骨成熟に達したペルテス病の骨頭関節面はリモデリングにより丸くなることに着目し, 骨頭荷重部に沿う正円を描き, この円と骨頭変形の差が球形度の指標になりうると仮説を立てて, % Sphericity of the femoral head という計測法を考案し, 球形度

の定量化を試みた. その結果, % Sphericity は Mose 法の重症度を反映することが示唆された.

ペルテス病の最終評価は Stulberg 分類が汎用される. しかし, II 群と III 群および III 群と IV 群の境界例については議論がある<sup>7)</sup>. Kamegaya は真に球形の骨頭を II 群とすべきであり, 球形ではあるが Mose 法で 2 mm までの軽度の変形を有する骨頭は III a 群として区別するべきであると述べている<sup>4)</sup>. 本研究では % Sphericity of the femoral head は Kamegaya の修正 Stulberg 分類の重症度を反映することが示唆された. 一方, Herring は II 群と III 群の区分について, 股関節単純 X 線正面像で骨頭の長径が最も長くなる部分で線分を引き, これに対する垂直二等分線上にコンパスを当てることにより関節面に適合する半径を決定し, さらに同じ半径で側面像に円を描き, この円と骨頭変形の差が 2 mm を超えるか否かにより判定する方法を推奨している<sup>2)</sup>. また, III 群と IV 群

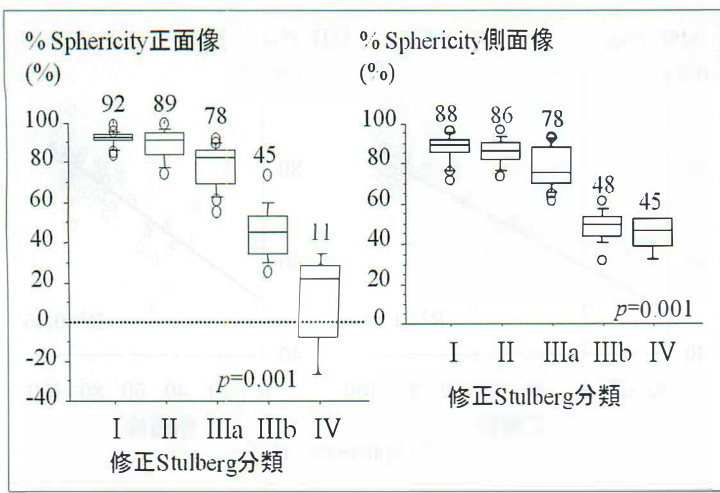


図 7. 修正 Stulberg 分類と % Sphericity of the femoral head  
修正 Stulberg 分類が不良であるほど、正面像、側面像ともに % Sphericity は有意に低い(一元配置分散分析).

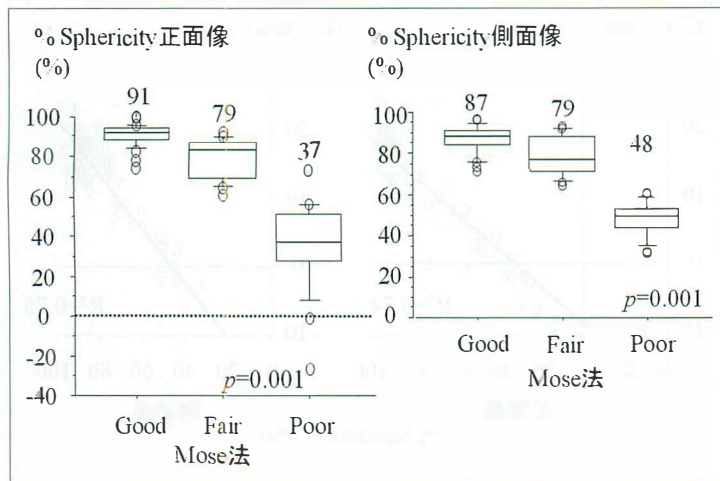


図 8. Mose 法と % Sphericity of the femoral head  
Mose 法が不良であるほど、正面像、側面像ともに % Sphericity は有意に低い(一元配置分散分析).

の区分について、正面像もしくは側面像で荷重部が 1 cm 以上扁平化しているものを IV 群とすべきであると述べている。Herring は、この方法は検者間の重み付け  $\kappa$  係数 0.82、検者内の重み付け  $\kappa$  係数 0.88 と再現性が高いとしている。

ペルテス病の治療法選択において、正確な予後予測を行うことは重要である。Kamegaya は重回帰分析により、(予測スコア) =  $-0.697 + 0.418 \times$  (発症年齢スコア) +  $0.860 \times$  (壊死範囲スコア) +  $0.248 \times$  (亜脱臼スコア)、という予測式を導いた<sup>4)</sup>。重回帰分析の従属変数は原則として連続変数でなければならないため、Kamegaya は good, fair, poor をそれぞれ 1, 2, 3 の数値に置き換えて計算している。したがって、大腿骨頭の球形度を連続変数として定量化できれば、よりきめの細かい分析が期待できる。

ペルテス病における大腿骨頭形態の指標とし

て、AHI と ATD が挙げられる。AHI は Heyman と Hendon<sup>3)</sup> により提唱された方法であり、原著では健側との比較により Acetabulum-Head Quotient と報告されているが、現在は患側の計測値がそのまま白蓋被覆の指標として評価されることが多い。また、ATD は大転子高位の指標として汎用されている。Fernbach は、ペルテス病では骨頭の骨端線の早期閉鎖により相対的に大転子の過成長が生じ、大転子高位は中殿筋不全をもたらすため、跛行の原因になると述べている<sup>1)</sup>。本研究で提唱した % Sphericity of the femoral head は、大腿骨頭形態の目安として白蓋被覆と大転子高位との相互関係を検討したが、結果的に AHI や ATD と相関を示したのは興味深い。特に、側面像での % Sphericity が AHI や ATD と相関を示したのは大変興味深い。大腿骨頭形態の正確な評価には正面像と側面像の 2 方向での評価が有用

であると考えている。筆者らの研究により% Sphericity of the femoral headは大腿骨頭形態の定量的な指標の一つになり得ることが示唆された。

本研究の限界は、第一に% Sphericity of the femoral headの再現性を検討していない点である。今後、検者間一致率や検者内一致率を検証する予定である。第二に大腿骨頭形態の指標はこれまで多数の報告があるが、すべての指標との対比は行っていない点である。近年、Femoro-Acetabular Impingementの診断としてNötzliの $\alpha$ 角<sup>8)</sup>が有用とされるが、大腿骨頸部軸を通るMRIで計測するのが原法であるため、本研究では比較検討しなかった。第三に% Sphericity of the femoral headと長期予後の関連は不明である。Kamegayaの修正Stulberg分類<sup>1)</sup>やHerringの修正案<sup>2)</sup>も含めて、変形性股関節症への進行の予測因子になり得るかどうかの検討が必要である。

## 結 語

% Sphericity of the femoral headは、骨成熟を迎えたペルテス病における大腿骨頭形態の定量的な指標の一つになり得ることが示唆された。

## 文 献

- 1) Fernbach SK, Poznanski AK, Tachjadian MO, et al : Greater trochanteric overgrowth : development and surgical correction. *Radiology* 154 : 661-664, 1985.
- 2) Herring JA, Kim HT, Browne R : Legg-Calvé-

Perthes disease. Part I : Classification of radiographs with use of the modified lateral pillar and Stulberg classification. *J Bone Joint Surg* 86-A : 2103-2120, 2004.

- 3) Heyman CH, Herndon CM : Legg-Perthes disease : a method for the measurement of the roentgenographic result. *J Bone Joint Surg* 32-A : 767-778, 1950.
- 4) Kamegaya M, Saisu T, Miura Y, et al : A proposed prognostic formula for Perthes' disease. *Clin Orthop Relat Res* 440 : 205-208, 2005.
- 5) Mose K : Legg-Calvé-Perthes' disease : A comparison between three methods of conservative treatment. *Aarhus Universitetsforlaget*, 69-74, 1964.
- 6) Nakamura J, Harada Y, Kamikawa K, et al. Outcome of Legg-Calvé-Perthes disease patients with onset before six years of age. *Proceedings of the 78th Annual Meeting of American Academy of Orthopaedic Surgeons*. San Diego, CA, February 15-19 : p. 638, 2011.
- 7) Neyt JG, Weinstein SL, Morcuende J, et al : Stulberg classification system for evaluation of Legg-Calvé-Perthes disease : intra-rater and inter-rater reliability. *J Bone Joint Surg* 81-A : 1209-1216, 1999.
- 8) Nötzli HP, Wyss TF, Stoecklin CH, et al : The contour of the femoral head-neck junction as a predictor for the risk of anterior impingement. *J Bone Joint Surg* 84-B : 556-560, 2002.
- 9) Stulberg SD, Cooperman DR, Wallensten R : The natural history of Legg-Calvé-Perthes disease. *J Bone Joint Surg* 63-A : 1095-1108, 1981.

## **Abstract**

### Quantifying the Deformity in the Femoral Head in Legg-Calvé-Perthes' Disease after Skeletal Immaturity : Pilot study

Junichi Nakamura, M. D., et al.

Department of Orthopaedic Surgery, Graduate School of Medicine, Chiba University

We report a new technique involving the quantitative measurement of the sphericity of the femoral head in Legg-Calvé-Perthes' disease (LCPD) after skeletal immaturity. A total of 41 affected hips treated conservatively and 28 unaffected hips in LCPD were examined after skeletal maturity. Our new technique involved measuring the percent-sphericity of the femoral head, and compared findings with evaluations of the acetabular head index (AHI), the articulo-trochanteric distance (ATD), the modified Stulberg's classification according to Kamegaya, and the Mose methods. The percent-sphericity was 60% in frontal view and 63% in lateral view in the affected hips, compared with 91% in frontal view and 90% in lateral view in the unaffected hips. The percent-sphericity in the frontal views was strongly correlated with that in the lateral views. Overall the percent-sphericity was correlated with both the AHI and the ATD, and reflected the severity in the Stulberg's classification and in the Mose methods. The percent-sphericity was concluded to be a useful and effective indicator of the femoral head deformity in LCPD.