

# 大腿骨頭壊死症における大腿骨頭被覆と圧潰進行との関連

岩佐 諱、上村 圭亮、菅野 伸彦 (大阪大学大学院医学系研究科 運動器医工学治療学)  
安藤 渉 (関西労災病院 整形外科)  
濱田 英敏 (大阪大学大学院医学系研究科 器官制御外科学)  
高尾 正樹 (愛媛大学大学院医学系研究科 整形外科)

本研究の目的は、大腿骨頭壊死症における大腿骨頭圧潰進行と臼蓋被覆との関連を明らかにすることである。大腿骨頭圧潰のない 101 股関節を 12 カ月以内に大腿骨頭圧潰を認めた群(collapse 群)と、認めなかった群(non-collapse 群)の 2 群に分けた。lateral center-edge angle (LCEA), anterior 及び posterior center-edge angle, anterior 及び posterior acetabular sector angle を測定した。lateral center-edge angle が大腿骨頭圧潰と有意な関連を認め、その cut off 値は 28 度であった。

## 1. 研究目的

大腿骨頭壊死症 (ONFH) は、初期には急性股関節痛を引き起こし、若年者ではしばしば大腿骨頭の圧壊と関節破壊に至ることがある<sup>1, 2)</sup>。大腿骨頭圧壊による疼痛は、しばしば関節温存手術や人工股関節置換術を含む治療につながる。先行研究では、ONFH 患者における大腿骨頭圧壊に関連する因子が調査され、壊死性病変のサイズ、体積、および位置が大腿骨頭圧壊の進行に関連していることが判明した<sup>3-5)</sup>。これに基づき、ONFH を分類・定量化するいくつかの分類体系が提案されており<sup>6-8)</sup>、ONFH のリスクに関連する予後因子として有用であることが報告されている<sup>1)</sup>。また、解剖学的パラメータは、ONFH の発症、予後、治療成績と関連することが判明している<sup>9)</sup>。ONFH に対して寛骨臼回転骨切り術が行われるのは、寛骨臼の被覆が不十分だと関節接触圧が上昇し、大腿骨頭の圧壊が進行するためである<sup>10)</sup>。しかし、寛骨臼の被覆率は 3 つの平面(冠状面、矢状面、軸方向)で異なっており、寛骨臼の被覆率の低下がどの程度問題となるかは不明である。さらに、Pelvic Incidence (PI) が高い患者は大腿骨頭の前方被覆が不十分であると報告されており、ONFH 患者における大腿骨頭圧壊との関連がある可能性がある<sup>11)</sup>。しかし、ある報告では、PI と寛骨臼カバー率との間に関連は認められず<sup>12)</sup>、ONFH における大腿骨頭圧壊と PI との関連は明らかではない。このように、ONFH 患者における臼蓋被覆と大腿骨頭圧壊の関連は明確にされ

ていない。本研究の目的は、ONFH 患者における臼蓋被覆と大腿骨頭圧潰との関係を明らかにすることである。

## 2. 研究方法

対象は 2008 年 1 月から 2018 年 12 月に当院で ONFH と診断され、1 年以上のフォローが可能であった男性 51 関節、女性 50 股関節の 101 関節を対象とした。平均年齢は 44 ± 15 歳、平均 BMI は 23 ± 4 kg/m<sup>2</sup> であった。JIC 分類による病型は Type A が 9 関節、Type B が 14 関節、Type C1 が 47 関節、Type C2 が 41 関節であった。

大腿骨頭圧潰は正面像及びブラウエン像における最大骨頭圧潰量を SYNAPSE orthopaedic measurement software OP-A を用いて評価した。大腿骨頭圧潰量が初診時に撮影した X 線画像と比較して、圧潰量が 1mm 以上増加した場合、大腿骨頭が圧壊したと判断した<sup>11)</sup>。12 ヶ月以内に大腿骨頭圧壊を認めた患者を collapse 群、大腿骨頭圧壊を認めなかった患者を non-collapse 群とし、2 群に分けた。collapse 群は 35 関節、non-collapse 群では 66 関節であった。性別、年齢、BMI は両群で有意差を認めなかった (p = 0.58、0.30、0.98)。

臼蓋被覆は大腿骨頭の中心を通る CT スライスで評価した(図 1)。冠状断面では lateral center-edge angle (LCEA)<sup>13)</sup>、矢状断面では anterior center-edge angle (ACEA)、posterior center-edge angle (PCEA)<sup>13)</sup>、

軸断面では anterior acetabular sector angle (AASA) と posterior acetabular sector angle (PASA) を測定した<sup>14)</sup>。解剖学的パラメータの測定には、3D template; Kyocera を使用した。これらの点は 3 次元的に手動で選択した。矢状断面、冠状断面、軸断面において大腿骨頭に近似円を同定し、骨頭中心を定義した。PI は、仙骨上面の midpoint に垂直な線と、その点から大腿骨頭の中心までの線とのなす角として測定された<sup>12)</sup>。

統計解析として、Shapiro-Wilk の検定を用いて正規性を評価した後、Student's t-test、Wilcoxon Signed-rank Test を用いて群間に差があるかを評価した。receiver operating characteristic (ROC) 曲線分析を用いて、collapse と non-collapse の 2 群で有意差を認めたパラメータのカットオフ値を決定した。統計解析は JMP® 15 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) にて行い、 $p < 0.05$  を統計的に有意であると定義した。

### 3. 研究結果

LCEA の平均値は non-collapse 群では collapse 群より有意に大きかった ( $32^\circ \pm 6^\circ$ 、 $28^\circ \pm 7^\circ$ 、平均差  $4^\circ$ 、 $p < 0.01$ )。PI とその他の臼蓋被覆の測定値 (ACEA、PCEA、AASA、PASA) には両群間に差はなかった (表 1)。ROC 曲線解析の結果、大腿骨頭圧壊との関連性を示す LCEA の閾値は  $28^\circ$  であった (感度 = 0.79、特異度 = 0.60、曲線下面積 = 0.73; 図 2)。LCEA  $28^\circ$  未満である症例の割合は JIC type、Steinberg grade が sever になれば増悪していた (表 2)。

### 4. 考察

ONFH は、比較的若年層で大腿骨頭の圧壊を引き起こす可能性のある重篤な疾患である<sup>1)</sup>。臼蓋被覆を反映する解剖学的パラメータは、大腿骨頭圧壊と関連する可能性がある<sup>11)</sup>。ONFH の分類システムを用いると、LCEA が  $28^\circ$  未満の症例では、大腿骨頭圧壊の割合が高くなることがわかった。この知見は、ONFH に対する寛骨臼骨切り術を導くための新たな指標として利用できる可能性がある。

本研究において、臼蓋被覆を評価するために測定した 5 つの解剖学的パラメータのうち 1 つ (LCEA) だけが大腿骨頭圧壊と関連していたがその差は小さく、臨床的重要性には疑問が残るものであった。臼蓋被

覆が不十分だと、ストレス集中<sup>15)</sup>、関節内圧の上昇<sup>16,17)</sup>、股関節の不安定性<sup>18)</sup>につながる。ONFH に対する free vascularized fibular grafting 後の股関節の生存率に LCEA が影響するという報告<sup>19)</sup>や、ONFH 患者の大腿骨頭圧壊の進行防止に臼蓋回転骨切りが有用であるという報告<sup>10)</sup>がある。我々の研究でも、LCEA は圧壊と関連していたが、その差は小さく、その臨床的重要性には疑問が残る。また、我々の結果は、ACEA と PI は大腿骨頭圧壊と関連しないことを示していた。Kwon らは、PI が大きい患者は骨盤後傾があり、ACEA の低下と大腿骨頭圧壊につながる可能性があることを報告した<sup>11)</sup>。しかし、彼らは臼蓋被覆については調査していない。また、変形性関節症患者と健常者において、寛骨臼の被覆率と PI に相関がないことを示す報告もある<sup>12)</sup>。

JIC type 分類が A+B、C1、C2 の順に高くなるにつれて、LCEA が  $28^\circ$  未満となる患者数が増加することが示された。大腿骨頭壊死の大きさや位置が同じでも、臼蓋被覆によって JIC 分類が変わるため、JIC タイプ C1、C2 では A、B に比べ LCEA  $28^\circ$  以下の患者の割合が高くなるということが説明できる。ONFH 患者における JIC type 分類と大腿骨頭圧壊との関連性が報告されている<sup>20)</sup>。JIC type A および B では大腿骨頭の荷重領域に対する壊死領域の割合が小さいが、type C1 および C2 では大腿骨頭の荷重領域に対する壊死領域の割合が大きい<sup>7)</sup>。大腿骨頭圧壊の type 別割合は、過去の報告と同程度であり、骨壊死の局在が大腿骨頭圧壊の重要な関連因子であることがわかった。また、LCEA が  $28^\circ$  未満の割合は Steinberg Grade C で最も高く、Steinberg Grade B は Steinberg Grade A よりも少なかった。これまでの研究で、大腿骨頭壊死性病変の体積が大きいほど、THA を受けるリスクや大腿骨頭圧壊のリスクと関連することが報告されている<sup>3)</sup>。我々は Steinberg 分類を用いて壊死の体積を評価したところ、LCEA が  $28^\circ$  未満である患者の割合は Grade C が最も高かった。

本研究の Limitation としては、第一に圧壊の程度を評価しなかったことである。JIC type B で圧壊が 2mm 以下の患者では、圧壊が止まり症状は軽快することがと報告されている<sup>3)</sup>。JIC の type 分類は、圧壊の発症に加えて、圧壊の程度と関連している。第二に、日本人のみを調査対象としている。一般的に、欧米人はアジア人に比べて体格や BMI が大きい。体格が

非常に大きい場合、大腿骨頭圧壊への影響が見られる可能性がある。しかし、本研究では、大腿骨頭圧壊に対する体格の影響は観察されなかった。

## 5. 結論

大腿骨頭壊死症における大腿骨頭圧潰に関連する解剖学的指標として LCEA が同定されたが、その差は小さく、臨床的に重要でない可能性がある。大腿骨頭被覆以外の要因のさらなる調査が必要である。

## 6. 研究発表

### 1. 論文発表

Iwasa M, Ando W, Uemura K, Hamada H, Takao M, Sugano N. Is There an Association Between Femoral Head Collapse and Acetabular Coverage in Patients With Osteonecrosis? Clin Orthop Relat Res. 2023 Jan 1;481(1):51-59.

### 2. 学会発表

なし

## 7. 知的所有権の取得状況

### 1. 特許の取得

なし

### 2. 実用新案登録

なし

### 3. その他

なし

## 8. 参考文献

- 1) Ando W, Sakai T, Fukushima W, et al. Japanese Orthopaedic Association 2019 guidelines for osteonecrosis of the femoral head. J Orthop Sci. 2021;26:46-68.
- 2) Ando W, Takao M, Tani T, et al. Geographical distribution of the associated factors of osteonecrosis of the femoral head, using the designated intractable disease database in Japan. Mod Rheumatol.
- 3) Nishii T, Sugano N, Ohzono K, et al. Significance of lesion size and location in the prediction of collapse of osteonecrosis of the femoral head: a new three-dimensional quantification using

magnetic resonance imaging. J Orthop Res. 2002;20:130-136.

- 4) Sugano N, Ohzono K, Masuhara K, Takaoka K, Ono K. Prognostication of osteonecrosis of the femoral head in patients with systemic lupus erythematosus by magnetic resonance imaging. Clin Orthop Relat Res. 1994;305:190-199.
- 5) Takashima K, Sakai T, Hamada H, Takao M, Sugano N. Which classification system is most useful for classifying osteonecrosis of the femoral head? Clin Orthop Relat Res. 2018;476: 1240-1249.
- 6) Steinberg ME, Hayken GD, Steinberg DR. A quantitative system for staging avascular necrosis. J Bone Joint Surg Br. 1995;77:34-41.
- 7) Sugano N, Atsumi T, Ohzono K, et al. The 2001 revised criteria for diagnosis, classification, and staging of idiopathic osteonecrosis of the femoral head. J Orthop Sci. 2002;7:601-605.
- 8) Yoon B-H, Mont MA, Koo K-H, et al. The 2019 revised version of association research circulation osseous staging system of osteonecrosis of the femoral head. J Arthroplasty. 2020;35: 933-940.
- 9) Zeng J, Zeng Y, Wu Y, et al. Acetabular anatomical parameters in patients with idiopathic osteonecrosis of the femoral head. J Arthroplasty. 2020;35:331-334.
- 10) Nozawa M, Enomoto F, Shitoto K, et al. Rotational acetabular osteotomy for osteonecrosis with collapse of the femoral head in young patients. J Bone Joint Surg Am. 2005;87:514-520.
- 11) Kwon HM, Yang I-H, Park KK, et al. High pelvic incidence is associated with disease progression in nontraumatic osteonecrosis of the femoral head. Clin Orthop Relat Res. 2020; 478:1870-1876.
- 12) Iwasa M, Ando W, Uemura K, et al. Pelvic incidence is not associated with the

- development of hip osteoarthritis. *Bone Joint J.* 2021;103:1656-1661.
- 13) Miyasaka D, Ito T, Imai N, et al. Three-dimensional assessment of femoral head coverage in normal and dysplastic hips: a novel method. *Acta Med Okayama.* 2014;68:277-284.
  - 14) Nakahara I, Takao M, Sakai T, et al. Three-dimensional morphology and bony range of movement in hip joints in patients with hip dysplasia. *Bone Joint J.* 2014;96:580-589.
  - 15) Pompe B, Daniel M, Sochor M, et al. Gradient of contact stress in normal and dysplastic human hips. *Med Eng Phys.* 2003;25:379-385.
  - 16) Wingstrand H. Intracapsular pressure in congenital dislocation of the hip. *J Pediatr Orthop B.* 1997;6:245-247.
  - 17) Xie J, Naito M, Maeyama A. Intracapsular pressure and interleukin-1beta cytokine in hips with acetabular dysplasia. *Acta Orthop.* 2010;81:189-192.
  - 18) Pauwels F. *Biomechanics of the Normal and Diseased Hip: Theoretical Foundation, Technique and Results of Treatment An Atlas.* Springer-Verlag; 1976.
  - 19) Roush TF, Olson SA, Pietrobon R, Braga L, Urbaniak JR. Influence of acetabular coverage on hip survival after free vascularized fibular grafting for femoral head osteonecrosis. *J Bone Joint Surg Am.* 2006;88:2152-2158.
  - 20) Zhao F-C, Guo K-J, Li Z-R. Osteonecrosis of the femoral head in SARS patients: seven years later. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2013;23:671-677.

表1 大腿骨頭被覆と大腿骨頭圧壊との関連

	Collapse (n = 56)	Non-collapse (n = 65)	p値
LCEA (°)	28	32	<0.01
ACEA (°)	58	59	0.42
PCEA (°)	99	101	0.46
AASA (°)	60	61	0.88
PASA (°)	95	96	0.40

LCEA = lateral center-edge angle; ACEA = anterior center-edge angle; PCEA = posterior center-edge angle; AASA = ante cular sector angle; PASA = posterior acetabular sector angle

表2 大腿骨頭被覆と大腿骨頭圧壊との関連

		LCEA < 28° の割合 (%)	Odds ratio (95% CI)	p値
JIC type	A+B	9		
	C1	38	6.52 (1.64 to 43.83)	<0.01
	C2	48	9.84 (2.34 to 68.38)	<0.01
Steinberg grade	A	14		
	B	13	0.89 (0.15 to 7.04)	0.90
	C	51	6.44 (1.57 to 43.90)	<0.01

JIC = Japanese Investigation Committee; LCEA = lateral center-edge angle

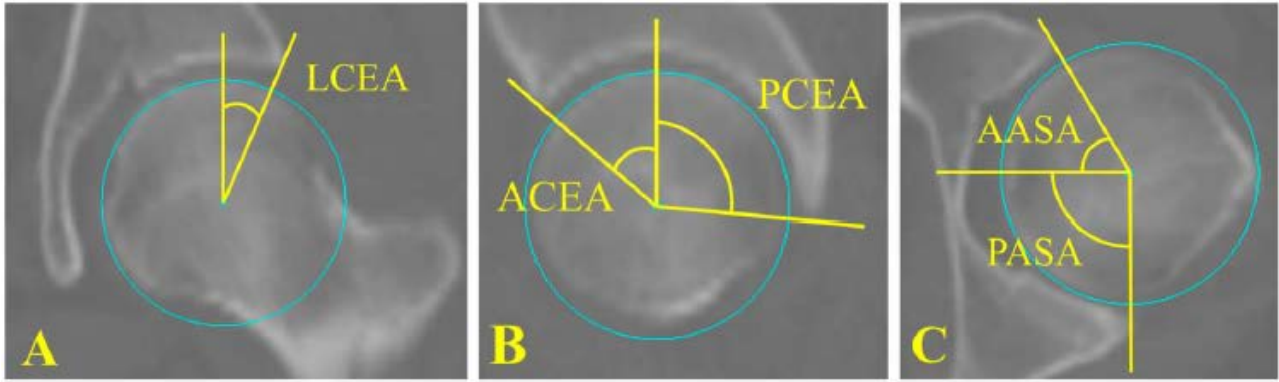


図1 臼蓋被覆のパラメータ評価方法

(A) 冠状断面において、lateral center-edge angleは大腿骨頭中心を通る垂直線と骨頭中心から寛骨臼外側縁を通る線とのなす角度とした。(B) 矢状断面において、anterior center-edge angle と posterior center-edge angleは、骨頭中心を通る垂直線と骨頭中心と臼蓋前縁、臼蓋後縁を通る線とがなす角度とした。(C) 軸断面において、anterior acetabular sector angle と posterior acetabular sector angleは、骨頭中心を通る水平線と骨頭中心と臼蓋前縁、臼蓋後縁を通る線とがなす角度とした。LCEA = lateral center-edge angle、ACEA = anterior center-edge angle、PCEA = posterior center-edge、AASA = anterior acetabular sector angle、PASA = posterior acetabular sector angle。

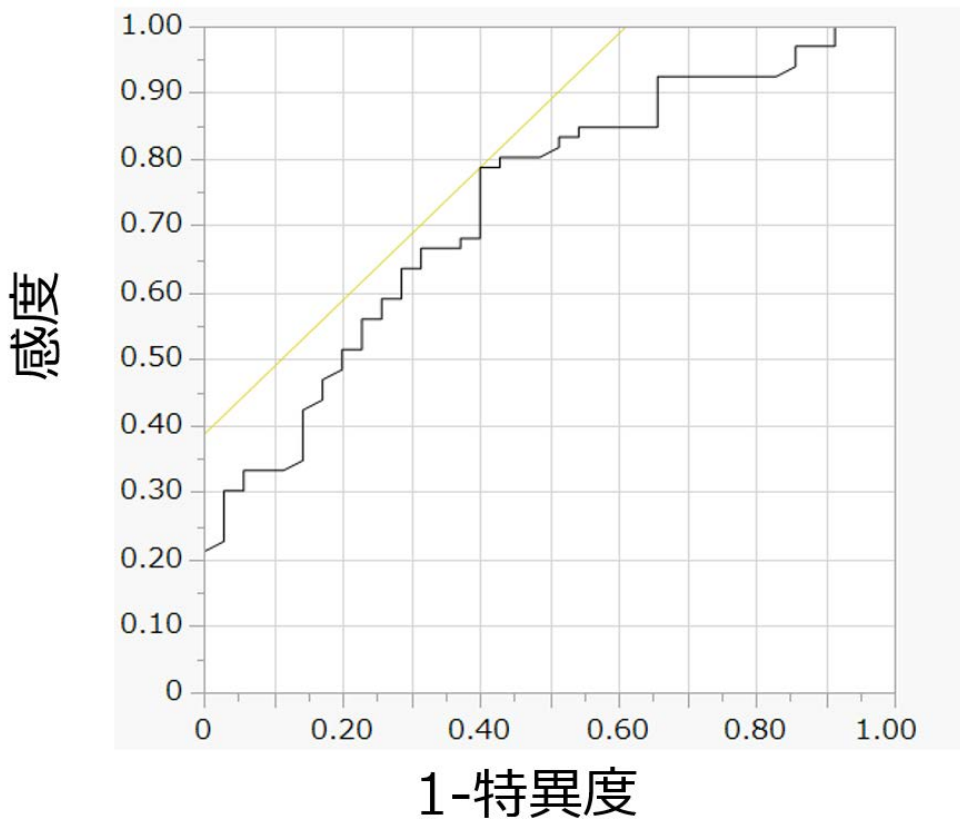


図2 lateral center-edge angle と大腿骨頭圧壊とのROC分析

ROC分析を用いてlateral center-edge angleの圧潰に対するcut off値は28度と算出された。