

発育性股関節形成不全症(完全脱臼)治療後の遺残性亜脱臼におけるMRIを用いた軟骨性白蓋の評価

中村幸之¹⁾・和田晃房²⁾・高村和幸¹⁾
柳田晴久¹⁾・山口徹¹⁾・秋山美緒¹⁾

1)福岡市立こども病院 整形・脊椎外科

2)佐賀整肢学園こども発達医療センター 整形外科

要旨 【目的】発育性股関節形成不全症の小児期における白蓋形態を三次元的に評価すること。【方法】初期治療後に遺残性亜脱臼を認めた25例(平均5.2歳)を対象とした。MRIを用いて3D-MEDICシーケンス撮影を行い、DICOMデータから再構成画像を作成した。健側骨頭を中心として10°ずつ回転させ、前方から後方の軟骨性白蓋縁の角度と距離を計測して骨頭被覆距離を算出し、レーダーチャートを作成して評価した。【結果】軟骨性白蓋は患健差なし、前方欠損型、後方欠損型の3型に分類し、その割合はそれぞれ52, 32, 16%であった。【結語】小児期の白蓋形態を把握するには、軟骨性白蓋を考慮する必要がある、MRIによりさまざまな形態を示すことが明らかになった。欠損部位を術前に把握することで術式選択に有用である。

序 文

発育性股関節形成不全症(Developmental Dysplasia of the Hip: 完全脱臼; 以下, DDH)治療後の遺残性亜脱臼では、就学前にSalter骨盤骨切りやPemberton骨盤骨切りなどの補正手術が行われることが多い。治療成績が安定した術式であるが、術後に屈曲制限や骨成熟後のcross oversignが陽性で白蓋後捻が示唆される症例も散見される。下骨片を前方に大きく移動させることで白蓋前方の過被覆がおこり、屈曲の際に大腿骨頸部と白蓋前縁がインピンジするために屈曲制限が引き起こされる。近年、femoroacetabular impingement (FAI)や白蓋後捻が早期の疼痛出現や変形性股関節症への進展に関与していることが報告されており、前方だけでなく後方の骨頭被覆も

重要であることが示唆される。よって、骨盤の形態を大きく変化させる補正手術の前に個々の症例の白蓋形態を三次元的に評価することが重要である。一般にDDHの白蓋被覆は前方が不良であるといわれているが、軟骨成分が多い小児期の白蓋形態を単純X線によって評価することは困難である。また、成人股関節に多用されるCTでは軟骨を含めた実際の白蓋形態を術前に把握することはできない。一方で、MRIは軟骨の描出に優れ、軟骨成分が豊富な小児期のさまざまな疾患の病態把握に用いられている。DDH治療後の遺残性亜脱臼における軟骨性白蓋をMRIで三次元的に評価できるか検討した。

対象と方法

初期治療後に遺残性亜脱臼を認め、補正手術を

Key words : developmental dysplasia of the hip (発育性股関節形成不全), cartilaginous acetabular (軟骨性白蓋), magnetic resonance imaging (MRI)

連絡先 : 〒 813-0017 福岡県福岡市東区香椎照葉 5-1-1 福岡市立こども病院 整形・脊椎外科 中村幸之
電話 (092) 682-7000

受付日 : 2015年3月31日

考慮した DDH 片側例の 25 例(平均年齢 5.2 歳 : 3 ~ 8 歳)を対象とした。男児 2 例, 女児は 23 例であった。初期の整復方法はリーメンビューゲル法が 3 例, 牽引 + 徒手整復が 20 例, 観血整復が 2 例で, 全例とも初期整復は得られている。Kalamchi 分類で Group3 や 4 の著明な骨頭変形(ペルテス病様変形)や巨大骨頭症例は除外した。観血整復の 2 例は, 1 例が当院で牽引 + 徒手整復後に再脱臼し 11 か月で観血整復(前方進入)が行われ, もう一例は他院で Ludloff 法により観血整復を施行されていたが, 2 例とも巨大骨頭やペルテス病様変形は認めていない。検査時年齢は平均 5.2 歳(3~8 歳)。MRI(Siemens 1.5 Tesla)を用いて 3D-MEDIC(Multi Echo Data Imaging Combination)シーケンス撮影を行い, MRI の DICOM データを 3D テンプレート(Kyocera)ソフトウェアを用いて再構築画像を作成した。3D-MEDIC 撮影では白蓋軟骨は高信号に描出され, 等信号もしくは低信号となる関節唇と明瞭に区別することができる。骨組織はさらに低信号に描出される。水平面は坐骨下縁を基準(図 1-a)として, 矢状面は坐骨後縁が水平になるように(図 1-b), 前額面は恥骨結合前面と上前腸骨棘を結んだラインを基準として標準化し(図 1-c), 健側の骨頭を中心として 10° ずつ回転(図 1-a)させて再構築画像を作成し計測に用いた。前方から 0°, 頂点を 90°, 後方を 180° と定義し, 図 1-d に前方から 30° 刻みの再構築画像を呈示する。回転中心線と白底の交点から軟骨性白蓋縁までの距離 A と角度 α を計測して, 骨頭被覆距離 L ($L=A \times \cos \alpha$) を求めた(図 2-a,b)。求めた L を用いてレーダーチャートを作成し(図 3), 白蓋軟骨の被覆状態を可視化した。回転 90° の前額断 MRI を用いて, 骨性白蓋角と骨頭中心から骨性白蓋縁までの center edge 角(CE 角)を計測した(図 2-a)。また, 骨頭中心レベルにおける水平断 MRI を用いて, 前後の骨性白蓋縁を結び坐骨基準線の垂線との角度を骨性前方開角(θ)とし, 前後の軟骨性白蓋縁と垂線との角度を軟骨性前方開角(θ')とした(図 2-c)。レーダーチャートを元に軟骨性白蓋の骨頭被覆距

離を患健側差として評価し「患健差なし」「前方欠損型」「後方欠損型」の 3 型に分類し, それぞれ N 型, A 型, P 型と表記した(図 3-a~c)。統計学的処理は JMP ソフトウェア (version 11, SAS Institute Japan) を使用して, t 検定と分散分析法, 多群間の検定は Tukey-Kramer の HSD 検定を用いて, p 値が 0.05 以下を有意水準とした。

結果

25 例 25 股を調査した。レーダーチャートにより軟骨性白蓋の形態を N 型, A 型, P 型に分け, それぞれ 13 股, 8 股, 4 股(52, 32, 16%)であった(表 1)。患側の骨性白蓋角は平均 31.4° (22~45)で CE 角は平均 5.1° (-11~15), 健側の骨性白蓋角は平均 22.4° (14~29), CE 角は平均 11° (0~23.7)で 3 型間に有意差は認めなかった。患側の骨性前方開角は 15.5° (6.6~20.7)で, 健側の 14.1° (1.2~21.5)と比較して有意差は認めなかった($p=0.1973$)。一方, 軟骨性前方開角は 22° (12.6~28.8)で, 健側の 18.9° (8.4~27.6)と比較して有意に大きく($**p=0.0051$)。患側の軟骨性白蓋開口部は前捻が強い傾向がみられた(表 1)。N, A, P 型間で骨性白蓋角や CE 角, 骨性前方開角, 軟骨性前方開角に有意差を認めなかった($p=0.999, 0.515, 0.252, 0.7479$)。患側の骨頭被覆距離を健側の値で除して患健側比を求め, その値を表 2 に示す(表 2)。A 型は 50° 付近で被覆が不良となり, P 型は 130° が他の群と比較して患側が有意に被覆不良であった(N-P: $**p=0.0004$, A-P: $**p=0.0019$)。さらに, 0° や 180° に近づくにつれて, 各型の骨頭被覆距離の患健側比に有意差は認めなかった。これは各群の前方開角に有意差がないことを反映していると考えられる。

考察

近年, DDH における白蓋後捻が変形性股関節症の危険因子であることが報告されており²⁾⁴⁾, 白蓋の形態を三次元に評価することが重要になってきている。DDH における白蓋後捻の割合は正常股よりも多く²⁾, 補正手術を検討している患者

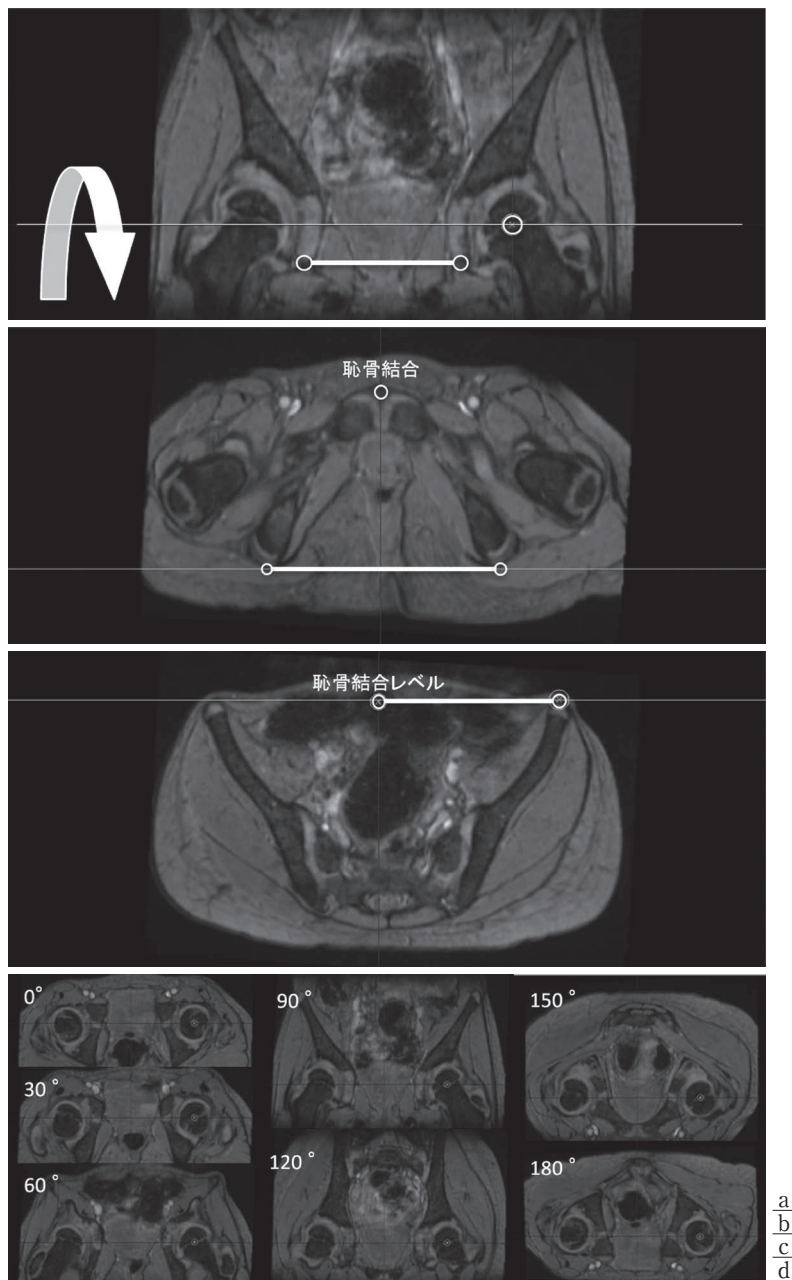
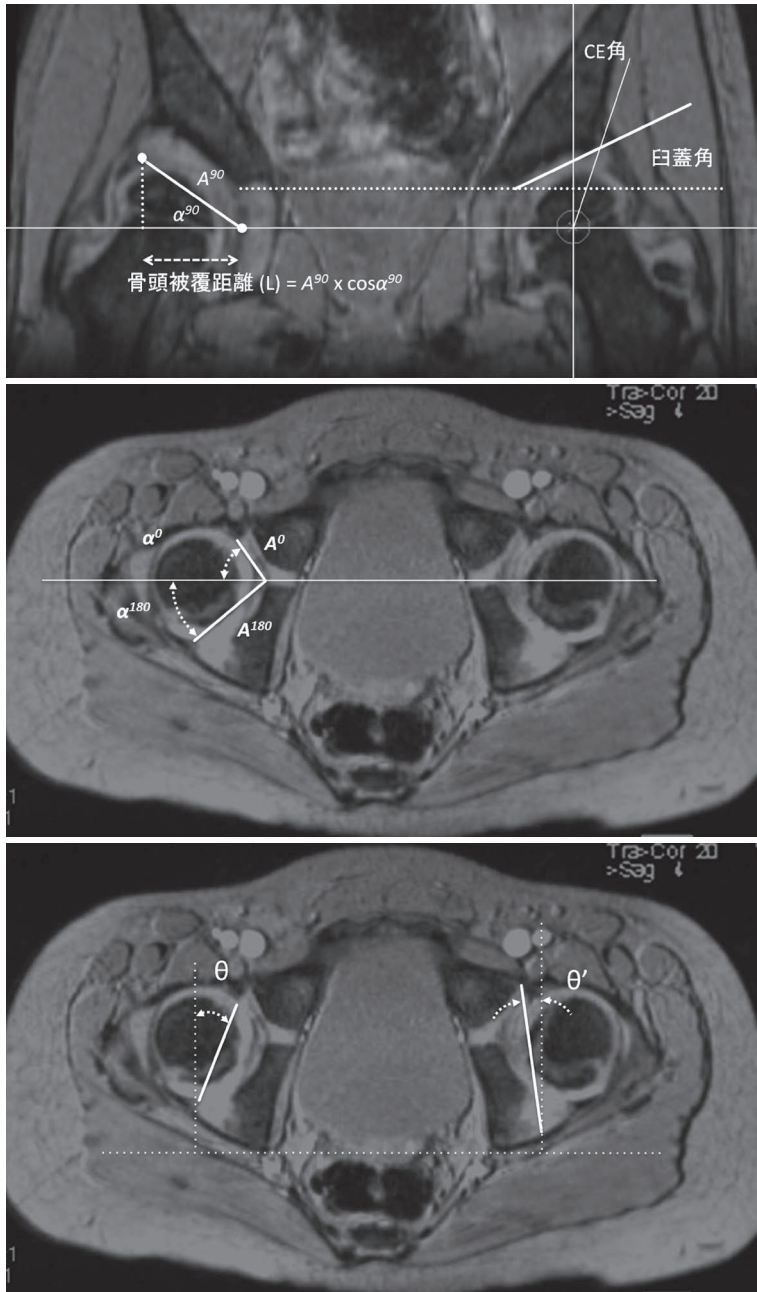


図1. 3D-MEDIC撮影(1)

- a)前額断：坐骨下端を結ぶラインを基準線とする，健側骨頭を中心に前方から後方へ回転させる
- b)水平断：坐骨後方を結ぶラインを基準とする
- c)骨盤の前傾と後傾は恥骨結合前面と上前腸骨棘を結ぶライン
- d)再構築画像：代表的に0, 30, 60, 90, 120, 150, 180°の画像を示す

の，個々の臼蓋形態を把握することは非常に興味深い。成人における臼蓋形態は，単純X線やCTを用いたさまざまな評価方法が報告されており，臼蓋後捻はCross Over Sign(COS)やPRomi-

nence of the Ischial Spine sign(PRIS sign)の陽性例と定義される。また，3D-CTでは詳細な骨性臼蓋の形態を確認することができ，術前の評価として重要な検査である。一方で，DDHの補正



a
b
c

図 2. 3D-MEDIC 撮影(2)

- a. A : 臼底中心から軟骨性臼蓋縁までの距離, α : 前額断基準線からの角度, L : 臼蓋被覆距離 ($L=A \times \cos \alpha$). 骨性臼蓋角と CE 角を計測した.
 b. 水平断における $A^0, \alpha^0, A^{180}, \alpha^{180}$
 c. θ : 軟骨性前方開角, θ' : 骨性前方開角

手術は就学前などの小児期に行われることが多く、単純 X 線では未骨化な臼蓋縁は描出されないため、COS や PRIS sign を確認することができない。CT も同様で、骨性臼蓋の評価には役立つ

が骨頭を物理的に被覆している軟骨性臼蓋は描出されず、小児期の臼蓋被覆を把握することは困難である。MRI を用いた 3D-MEDIC シーケンス撮影が関節近傍軟骨の描出に優れており³⁾¹⁰⁾、軟

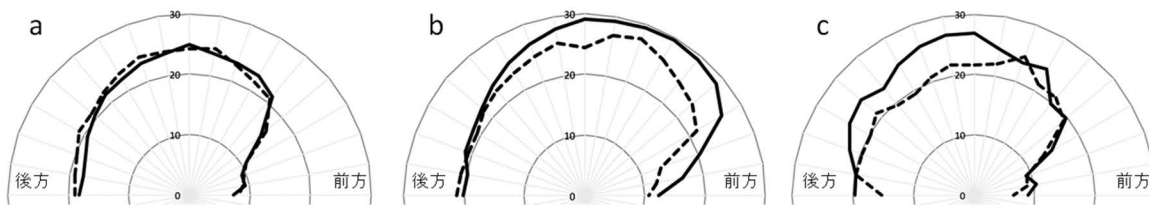


図3. レーダーチャート
 a) 点線：患側，実線：健側. レーダーチャートは患健側差なし(N型)
 b) 前方欠損型(A型)
 c) 後方欠損型(P型)

表1. 前額断における骨性臼蓋角とCE角，水平断における骨性前方開角と軟骨性前方開角

	症例数	骨性臼蓋角		CE角		骨性前方開角		軟骨性前方開角	
		患	健	患	健	患	健	患	健
全症例	25	31.4	22.4	5.1	11	15.5	14.1	22	18.9
患健差無し	13 (52%)	31.4	23.4	6.8	9.9	16.2	14.7	22.5	19.9
前方欠損型	8 (32%)	31.5	21.4	3	11.1	13.8	11.9	21.4	17.1
後方欠損型	4 (20%)	31.3	21.1	4	14	16.7	16.4	21.7	19.3

表2. 各方向での臼蓋被覆距離の患健側比(患側L/健側L)

		0	30	60	90	120	150	180
患健差なし	13股	1.00	0.96	0.98	1.00	1.07	1.08	1.03
前方欠損	8股	0.83	0.82	0.95	0.98	0.98	1.07	1.05
後方欠損	4股	0.77	0.93	0.92	0.86	0.88	0.94	0.95
全体	25股	0.90	0.92	0.96	0.97	1.01	1.05	1.02

骨性臼蓋を含めた小児の臼蓋形態を三次元的に把握することができるかどうかを検討した。

本研究の対象は補正手術を考慮した遺残性亜脱臼例であり，骨性臼蓋角は健側と比較して大きく(患側 31.4° vs 健側 22.4°)，CE角は小さく(患側 5.1° vs 健側 11°)，それぞれ有意差を認めた。水平断における骨性前方開角では患健差を認めないにもかかわらず，軟骨性前方開角は患側で有意に大きく，健側と比較して軟骨性臼蓋は前捻している傾向を示した。このことから患側の軟骨性臼蓋は骨化が遅延していることが示唆され，CTでは実際の臼蓋被覆を把握することが難しいと考えられた。算出した骨頭被覆距離を用いてレーダーチャートを作成することで，骨頭の被覆状態を可

視化することが可能で，前上方から後上方にかけて軟骨性臼蓋の骨頭被覆の状態は多様性を認めた。患健側差のない症例が半数を超え(52%)，実際は骨頭が軟骨性臼蓋に被覆されているにもかかわらず，単純X線評価では臼蓋形成不全と診断された軟骨性臼蓋の骨化障害と考えられた。少ない割合ではあるが，16%に後上方の被覆が不良である後方欠損型が存在し，補正手術の際は注意が必要である。

一般に Salter 骨盤骨切りや Pemberton 骨盤骨切りは，小児期における補正手術として広く用いられているが⁶⁾⁷⁾，臼蓋後捻の DDH 症例では，下骨片を前方へ大きく移動させると臼蓋の後捻を助長するばかりか，前方の過被覆によるインピンジ

メントが懸念される¹⁾⁹⁾。術後のリモデリングにより骨成熟後の白蓋後捻は発生しにくいことから⁵⁾⁹⁾、前方欠損型の遺残性亜脱臼に対する補正手術は、Salter 骨盤骨切りが望ましいと考えられる。しかしながら、後方欠損例に対しては下骨片をしっかりと外側へ引き出して、前方へ回しすぎないようにすべきである。さらに、前方へ回しすぎた症例では、白蓋縁と大腿骨頸部のインピンジメントによる屈曲制限が懸念される。また、後方欠損が著しい症例では、腸骨前方を切骨せずに腸骨外板のみを骨切りして、開大した骨切り部の後方に大きな骨片を移植して後方白蓋を被覆させる骨盤骨切りを選択することで、骨頭の被覆を改善させることが可能である⁸⁾。MRI を用いた軟骨性白蓋の評価は、DDH の遺残性亜脱臼に対する補正手術の術前評価に有用である。

結 論

小児期に遺残性亜脱臼を呈する片側 DDH 例 (25 例) の軟骨性白蓋の形態を MRI で評価した。白蓋の形態は多様であり、骨頭の被覆状態は個々の症例で異なっていることから、MRI を用いた白蓋の三次元的な評価が、補正手術の術式選択や方針決定に有用であると考えられる。

文献

- 1) Akiyama M, Nakashima Y, Oishi M et al: Risk factors for acetabular retroversion in developmental dysplasia of the hip: does the Pemberton osteotomy contribute? *J Orthop Sci* **19** : 90-96, 2014.
- 2) Fujii M, Nakashima Y, Yamamoto T et al: Acetabular retroversion in developmental

dysplasia of the hip. *J Bone Joint Surg* **92-A** : 895-903, 2010.

- 3) 北川 久, 岸 孝幸, 齊藤 亮ほか: 3D-MEDIC を用いた下肢 MR venography の検討. *日放技学誌* **64** : 277-285, 2008.
- 4) Kiyama T, Naito M, Shiramizu K et al: Postoperative acetabular retroversion causes posterior osteoarthritis of the hip. *Int Orthop* **33** : 625-631, 2009.
- 5) Kobayashi D, Satsuma S, Kinugasa M et al: Does Salter Innominate Osteotomy Predispose the Patient to Acetabular Retroversion in Adulthood? *Clin Orthop Relat Res* **473** (5) : 1755-1762, 2015.
- 6) Pemberton PA: Pericapsular Osteotomy of the Ilium for Treatment of Congenital Subluxation and Dislocation of the Hip. *J Bone Joint Surg* **47-A** : 65-86, 1965.
- 7) Salter RB: Role of innominate osteotomy in the treatment of congenital dislocation and subluxation of the hip in the older child. *J Bone Joint Surg* **48-A** : 1413-1439, 1966.
- 8) Wada A, Nakamura T, Yamaguchi T et al: Surgical treatment of hip dislocation in Kabuki syndrome: use of incomplete periacetabular osteotomy for posterior acetabular wall deficiency. *J Child Orthop* **6** : 261-267, 2012.
- 9) Wang CW, Wu KW, Wang TM et al: Comparison of acetabular anterior coverage after Salter osteotomy and Pemberton acetabuloplasty: a long-term followup. *Clin Orthop Relat Res* **472** (3) : 1001-1009, 2014.
- 10) Xing W, Sheng J, Chen WH et al: Reproducibility and accuracy of quantitative assessment of articular cartilage volume measurements with 3.0 Tesla magnetic resonance imaging. *Chin Med J* **124** : 1251-1256, 2011.

Abstract

MRI for Evaluating Cartilaginous Acetabular Coverage after Treatment for Developmental Dysplasia of the Hip

Tomoyuki Nakamura, M. D., et al.

Department of Orthopaedic and Spine Surgery, Fukuoka Children's Hospital

We report the results using MRI to determine the shape of the cartilaginous acetabulum in 25 cases of developmental dysplasia of the hip (DDH) presenting residual subluxation, after initial reduction using the Pavlik harness, manual reduction after percutaneous traction, or open reduction. Their mean age at MRI examination was 5 years 2 months. The MRI used the 3D MEDIC sequence, with reconstructed images created from Digital-Imaging-and-Communications-in-Medicine data using 3D template software by Kyocera. In this method, the cartilaginous acetabular angle F and the distance A from the bottom of the acetabulum, every 10° in each direction, and calculated the covering distance L of the femoral head, using the formula: $L = A \cos F$. The shape of the cartilaginous acetabulum was then determined using a radar plot of the covering distance. Results showed that the shape involved anterior deficiency in 8 cases (32%), and posterior deficiency in 4 cases (16%), and was normal with no deficiency in the other 13 cases (52%). These findings suggested MRI was effective to determine the shape of the cartilaginous acetabulum in DDH with residual subluxation.