

小児期 MRI による股関節の発育予測

浜崎 彩 恵¹⁾・中村 幸 之¹⁾・山口 亮 介¹⁾
高村 和 幸¹⁾・柳田 晴 久¹⁾・山口 徹¹⁾
藤本 陽¹⁾・田邊 剛¹⁾・和田 晃 房²⁾

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】MRI を用いて軟骨性白蓋を含めた股関節形態を評価し、骨成熟後の単純 X 線像と比較して股関節の発育における小児期 MRI の有用性を検討した。【方法】対象は片側性 DDH に対する初期整復後の白蓋形成不全に対して補正手術を行い、骨成熟後まで経過観察した 54 例で、健側股関節の 54 股を検討した。全例で補正手術の術前に MRI を撮影(平均 5 歳)した。同時期の単純 X 線像と MRI における骨性股関節形態(白蓋角, CE 角)を比較した。また、MRI における軟骨性股関節形態(白蓋角, CE 角, AHI)と骨成熟後の股関節形態(白蓋傾斜角, CE 角, AHI)を比較した。【結果】小児期の単純 X 線像と MRI の骨性股関節形態は強く相関していた(白蓋角 24° vs 23° : R=0.84, CE 角 11° vs 11° : R=0.85)。小児期 MRI における軟骨性股関節形態と骨成熟後の股関節形態に相関がみられた(白蓋角 10° vs 7° : R=0.45, CE 角 24° vs 26° : R=0.52, AHI 77% vs 78% : R=0.33)。【結語】小児期 MRI における軟骨性白蓋を評価することで股関節発育を予測することが可能である。

序 文

脱臼を伴う Developmental Dysplasia of the Hip (以下, DDH) では, 初期整復後の遺残性亜脱臼や白蓋形成不全に対して, 当院では 5 歳前後で白蓋角が 30° 以上もしくは CE (Center Edge) 角 5° 以下に手術適応として主に Salter 骨盤骨切り術による補正手術を行っており, その治療成績は良好である。また, 脱臼のない DDH (Primary Acetabular Dysplasia : 以下, PAD) に対しても, 早期診断されれば, 同様に Salter 骨盤骨切り術を行っている。

しかし, 小児期の股関節では白蓋や骨頭の軟骨成分が多く, 徐々に白蓋縁に二次骨化中心が出現

して骨成熟するため(図 1), 単純 X 線像では骨成熟後の股関節形態を小児期に予測することが難しい。したがって, 骨成長まで考慮して手術適応を決定することが難しく, 小児期での手術介入はいまだ一定の見解は得られていない。

変形性股関節症の主な原因は成人の PAD¹⁾, その有病率は約 5% と報告されており⁷⁾, 小児期に PAD を早期発見し, 成長終了後の股関節形態を予測できれば, 小児期であっても適切な手術介入が可能になると考える。

本研究では, 小児期に撮影した MRI により軟骨性白蓋を含めた小児期の股関節形態と骨成熟後の形態を比較し, 股関節の発育予測の有用性を検討したので報告する。

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

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 : 2018 年 2 月 7 日



図1. 白蓋縁の二次骨化中心の出現

対象と方法

対象は、1996年から2011年に脱臼を伴う片側DDHの整復後に生じた遺残性亜脱臼や白蓋形成不全に対して、当院で補正手術(Salter骨盤骨切り術もしくはPemberton骨盤骨切り術)を行い、骨成熟後まで経過観察できた54例(男児3例, 女児51例)である。脱臼のない健側54股を検討した。全例で、補正手術の術前に介在物の有無や軟骨性白蓋の評価を目的にMRIを撮影し、撮影時の年齢は平均5歳(2~9歳)であった。最終経過観察時の年齢は平均15歳(11~23歳)で、全例でY軟骨は閉鎖していた。

MRI (SIEMENS 1.5 Tesla)を用いてT2強調画像, もしくは2D-MEDIC (Multi Echo Data Imaging Combination)撮影を行った。上記の撮影条

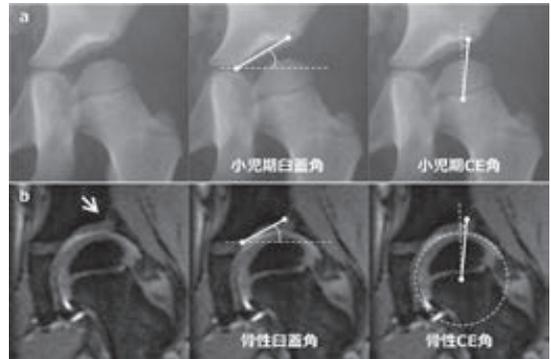


図2. 小児期単純X線像とMRIの比較

a: 単純X線像では白蓋角とCE角を計測した。

b: 同時期に撮影したMRIでは骨性白蓋縁を同定(矢印)し、骨性白蓋角と骨性CE角を計測して比較検討した。

件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やさらに低信号に描出される骨組織と明瞭に区別することが可能である。骨頭中心を通る前額断像を用いて各パラメータを計測した。単純X線像はすべて股関節の臥位前後像である。

① 小児期の単純X線像とMRIの比較(図2)

小児期単純X線像で白蓋角とCE角を計測した(図2-a)。CE角は、白蓋荷重面の硬化像外側端を外側縁とする refined CE角を用いた⁵⁾。同時期に撮影したMRIでは骨性白蓋縁を同定(図2-b: 矢印)し、骨性白蓋角と骨性CE角を計測して単純X線像と比較した。

② 小児期MRIと骨成熟後の単純X線像における股関節形態の比較(図3)

小児期MRIで軟骨性白蓋縁を同定(図3-a: 矢印)し、軟骨性白蓋角, 軟骨性CE角と軟骨性AHI(Acetabular Head Index: $A/B \times 100\%$)を計測した。骨成熟後単純X線像では白蓋傾斜角, CE角とAHI($C/D \times 100\%$)を測定し比較検討を行った(図3-b)。日本人の正常CE角は 20° 以上とした中村らの報告⁴⁾を基に、小児期の軟骨性CE角が 20° 未満の症例を軟骨性白蓋形成不全, 骨成熟後のCE角が 20° 未満の症例を白蓋形成不全と定義した。

統計学的処理はJMPソフトウェア (version

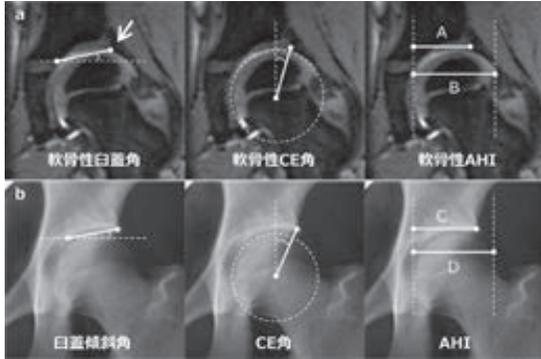


図3. 小児期 MRI と骨成熟後の単純 X 線像の比較
 a: 小児期 MRI では軟骨性白蓋縁を同定(矢印)し, 軟骨性白蓋角, 軟骨性 CE 角と軟骨性 AHI(A/B×100%)を計測した.
 b: 骨成熟後の単純 X 線像では白蓋傾斜角, CE 角, AHI(C/D×100%)を計測しそれぞれを比較検討した.

13, SAS Institute Japan) を使用して相関分析を行い, 小児期 MRI での軟骨性白蓋縁同定の信頼性検定として, 軟骨性白蓋角と軟骨性 CE 角について検者間誤差を調査した. p 値が 0.05 以下を有意水準とした. 軟骨性白蓋縁を同定する信頼性検定として, 12 年以上の経験年数を有する 2 名の整形外科医 (共同執筆者) でそれぞれ軟骨性白蓋角と軟骨性 CE 角を計測し検者間一致率を求めた.

結果

各パラメーターの数値は平均値±標準偏差(最小値~最大値)で表記した.

① 小児期の単純 X 線像と MRI の比較(図 4)

小児期 X 線像での白蓋角は $24 \pm 4^\circ$ ($13 \sim 31^\circ$) で, 小児期 MRI での骨性白蓋角は $23 \pm 4^\circ$ ($14 \sim 33^\circ$) であり, 両者には相関係数 0.84 ($p < .0001$) と強い正の相関を認めた(図 4-a). 小児期 X 線像での CE 角は $11 \pm 6^\circ$ ($-6 \sim 25^\circ$) で, 小児期 MRI での骨性 CE 角は $11 \pm 5^\circ$ ($-2 \sim 27^\circ$) であり, 両者には相関係数 0.85 ($p < .0001$) と強い正の相関を認めた(図 4-b). これらの結果から, 小児期における単純 X 線像の股関節形態と MRI 骨頭中心前額断の骨性股関節形態は強く相関していた.

② 小児期 MRI と骨成熟後の単純 X 線像における股関節形態の比較(図 5)

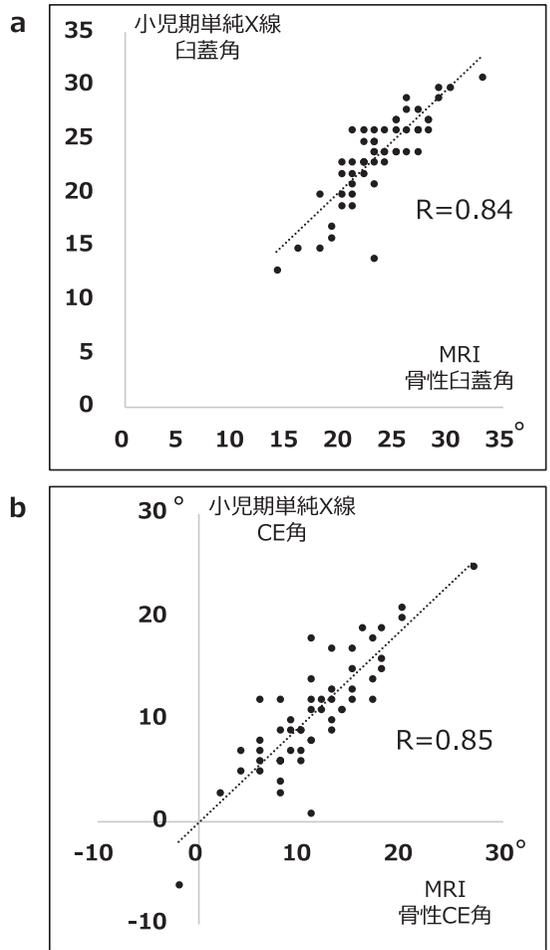


図4. 小児期の単純 X 線像と MRI における骨性股関節形態の比較

a: 単純 X 線像の白蓋角と MRI の骨性白蓋角は相関係数が 0.85 で強い正の相関を認めた.

b: 単純 X 線像の CE 角と MRI の骨性 CE 角は相関係数が 0.84 で強い正の相関関係を認めた.

小児期 MRI での軟骨性白蓋縁同定の信頼性検定では, 軟骨性白蓋角は 0.71, 軟骨性 CE 角は 0.82 という高い検者間一致率を示した.

小児期 MRI の軟骨性白蓋角は $10 \pm 4^\circ$ ($2 \sim 21^\circ$) で, 骨成熟後の白蓋傾斜角は $7 \pm 6^\circ$ ($-8 \sim 21^\circ$) であり, 相関係数 0.45 ($p = 0.0007$) で正の相関を認めた(図 5-a). 小児期 MRI の軟骨性 CE 角は $24 \pm 5^\circ$ ($14 \sim 35^\circ$) と骨成熟後単純 X 線の CE 角は $26 \pm 6^\circ$ ($8 \sim 38^\circ$) で相関係数は 0.52 ($p < .0001$) と正の相関を認めた(図 5-b). 小児期 MRI の軟骨性 AHI は $77 \pm 5\%$ ($64 \sim 90\%$) で, 骨成熟後単純 X

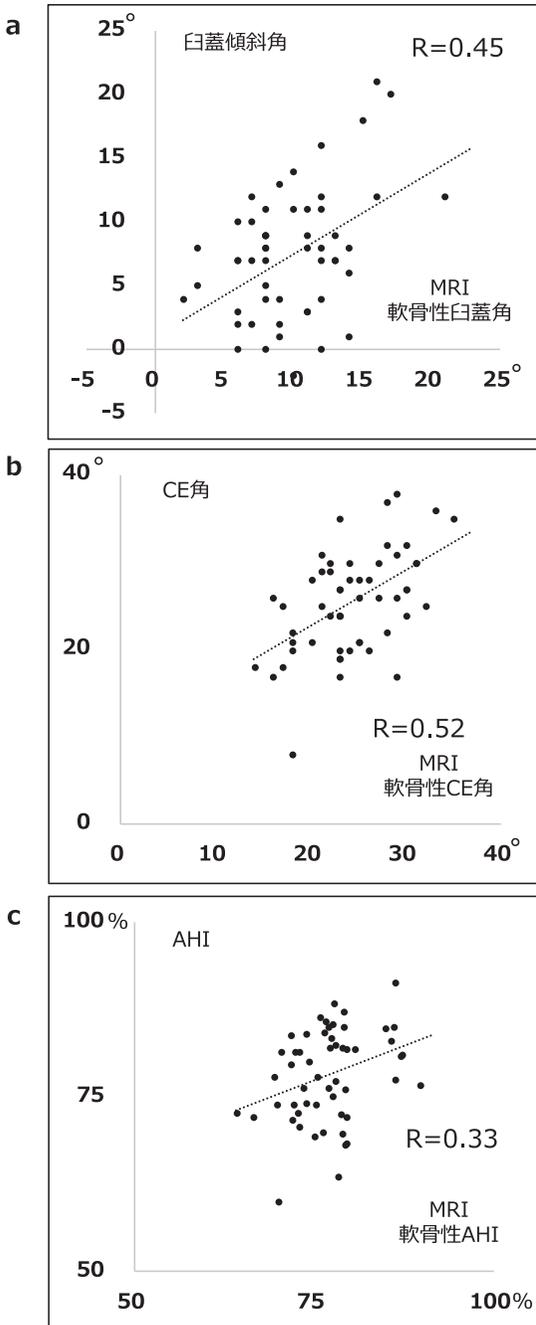


図 5. 小児期の MRI と骨成熟後の単純 X 線像における股関節形態の比較
 a: 軟骨性白蓋角と白蓋傾斜角は相関係数が 0.45 で正の相関を認めた。
 b: 軟骨性 CE 角と CE 角は相関係数が 0.52 で正の相関を認めた。
 c: 軟骨性 AHI と AHI は相関係数が 0.33 で正の相関を認めた。

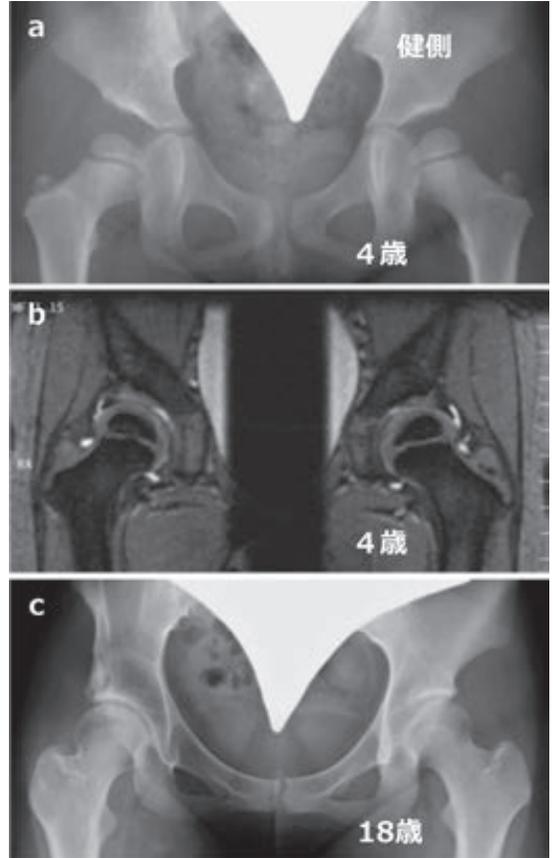


図 6. 症例は右 DDH で牽引治療を併用した徒手整復後の女兒
 a: 4 歳. 健側股関節の白蓋角は 31°, CE 角は 3°
 b: MRI で軟骨性白蓋角が 1°, 軟骨性 CE 角が 21°, 軟骨性 AHI が 73%
 c: 最終 18 歳. 白蓋傾斜角は 4°, CE 角が 25°, AHI が 73%

表 1. 小児期と骨成熟後の白蓋形成不全の関係

	骨成熟後 CE 角		
	≥20°	<20°	
軟骨性 CE 角	≥20°	41 股	45 股
	<20°	4 股	9 股
		45 股	9 股

線の AHI は 78±7% (60~91%) であり, 相関係数 0.33 (p=0.0156) と弱い正の相関を認めた (図 5-c). これらの結果から, 小児期 MRI における軟骨性股関節形態は骨成熟後単純 X 線の股関節形態と相関しており, 特に CE 角の相関性が高かった。

CE 角では 20° 以上を正常値として、小児期 MRI における軟骨性白蓋形成不全のない 45 股のうち 41 股は骨成熟後も良好な股関節形態を示し (図 6)、その陽性的中率は 91%であったが、4 股 (9%) は骨成熟後に CE 角が 20° 未満の白蓋形成不全を呈した (表 1)。軟骨性白蓋形成不全のある 9 股では、5 股が骨成熟後も白蓋形成不全となり陰性的中率は 56%であった。

考 察

小児の股関節は軟骨成分が多く、Ponseti ら⁶⁾ は、乳児期の白蓋において、Y 軟骨は白蓋の大きさ、白蓋軟骨は将来的な白蓋の深さと骨頭の被覆に関与すると報告した。白蓋軟骨は乳幼児期から学童期にかけて徐々に骨化するが、年齢や性別によって骨性白蓋の形態は多様である。本研究では小児期 MRI を用いて脱臼のない健側股関節における軟骨性白蓋を含めた股関節形態を評価し、骨成熟後の股関節形態が予測できるかどうかを検討した。

MRI での骨性白蓋の評価では、向井ら³⁾ はリーメンビューゲル器具治療後の DDH において、2 歳以上の白蓋形成不全の股関節 MRI における骨性 CE 角と骨性白蓋角が、単純 X 線像と強く相関することを報告した。本研究でも、小児期の MRI において骨性白蓋縁を明瞭に同定することが可能であり、MRI での骨頭中心を通る前額面で骨性白蓋角および骨性 CE 角は、単純 X 線像での白蓋角および CE 角と強い相関を認めた。

MRI での軟骨性白蓋の評価では、軟骨性白蓋縁と関節唇の境界がやや不明瞭ではあるが、本研究では、軟骨性白蓋角は 0.71、軟骨性 CE 角は 0.82 という高い検者間一致率を示し、軟骨性白蓋角および軟骨性 CE 角による評価は有用であると考ええる。

Li ら²⁾ は、生後 6 か月から 16 歳までのさまざまな年齢の股関節 MRI において白蓋角を測定し、骨性白蓋縁は年齢とともに外側に拡大して白蓋角が小さくなるが、2 歳以上の軟骨性白蓋角の値は

一定であるとした横断的研究を報告した。本研究は、同一症例を成長終了後まで観察した縦断的研究であり、小児期 MRI の軟骨性白蓋角と軟骨性 CE 角は、骨成熟後の白蓋傾斜角および CE 角と強い相関を認めた ($p=0.0007$, $p<.0001$)。また、軟骨性白蓋形成不全のない症例 (軟骨性 CE 角 $\geq 20^{\circ}$) の 91% (41/45 股) で、骨成熟後に CE 角が 20° 以上の正常股となった。骨成熟後の股関節形態はおおむね小児期の軟骨性白蓋を含めた股関節形態に近く、小児期 MRI により軟骨性白蓋を評価することで股関節予後予測が可能になると考える。小児期 MRI での軟骨性 AHI も、骨成熟後の AHI と相関しており ($p=0.0156$)、軟骨成分を含めた白蓋と骨頭が同じ比率で発育することも示唆された。

軟骨性白蓋形成不全例 (軟骨性 CE 角 $<20^{\circ}$) の 56% (5/9 股) で、骨成熟後に白蓋形成不全が遺残し、小児期での手術介入の対象となる症例であったが、44% (4/9 股) では骨成熟後に白蓋形成不全は改善しており、経時的な MRI 検査を含めた経過観察を行い、慎重に手術介入を判断することが必要である。

この研究の限界として、MRI の水平断での検討がないことから三次元的な評価ができていないこと、Y 軟骨閉鎖後も寛骨臼の形成が 18 歳前後までであるが最終時年齢が低いことが挙げられる。また、対象が股関節脱臼治療例 (片側例) の健側股関節にもかかわらず、脚長差の有無が評価されていないために立位の骨盤の傾きが考慮されていないことが挙げられる。今後は症例数を増やし、脱臼治療歴のない白蓋形成不全に対する MRI による予後不良因子を検討し、治療方針決定の一助となるよう研究を継続したい。

結 論

小児期 MRI を用いた軟骨性白蓋の評価が骨成熟後の股関節形態の予測に有用であり、小児期の白蓋形成不全に対する手術介入の指標となり得ると考えた。

文献

- 1) Jingushi S, Ohfuji S, Sofue M et al : Osteoarthritis hip joints in Japan : involvement of acetabular dysplasia. J Orthop Sci **16** : 156-164, 2011.
- 2) Li LY, Zhang LJ, Li QW et al : Development of the osseous and cartilaginous acetabular index in normal children and those with developmental dysplasia of the hip: a cross-sectional study using MRI. J Bone Joint Surg Br **94** : 1625-1631, 2012.
- 3) 向井 直, 康本 潤, 石井 朝 : 幼児股関節臼蓋形成不全に対する MRI の検討. 日小整会誌 **3** : 73-76, 1993.
- 4) Nakamura S, Ninomiya S, Nakamura T : Primary osteoarthritis of the hip joint in Japan. Clin Orthop Relat Res **241** : 190-196, 1989.
- 5) Ogata S, Moriya H, Tsuchiya K et al : Acetabular cover in congenital dislocation of the hip. J Bone Joint Surg Br **72** : 190-196, 1990.
- 6) Ponseti IV. Growth and development of the acetabulum in the normal child. Anatomical, histological : and roentgenographic studies. J Bone Joint Surg Am **60** : 575-585, 1978.
- 7) 斎藤 昭, 菊地 臣 : 変形性股関節症の疫学 1601 例の病院受診者に対する調査. 日臨整誌 **35** : 47-51, 2000.