

小児大腿骨頭骨端核出現時期の新基準

- 日本人正常児における出現時期は生後 12 か月である

論文博士

菅原 亮

自治医科大学整形外科教室

2018 年 10 月 15 日申請の学位論文

紹介教授

自治医科大学 地域医療学系専攻 整形外科学

教授 竹下 克志

目次

I. はじめに

1. 骨端核の出現とその意義・・・・・・・・・・・・・・・・・・1
2. 骨端核出現時期の妥当性・・・・・・・・・・・・・・・・・・3
3. 妥当性を検証するに至った経緯・・・・・・・・・・・・・・・・4
4. 本研究の背景・・・・・・・・・・・・・・・・・・10
5. 本研究の目的・仮説・・・・・・・・・・・・・・・・・・13

II. 対象と方法

1. 対象・・・・・・・・・・・・・・・・・・14
2. 方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・16

III. 結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・17

IV. 考察

1. 本研究で明らかになった新知見についての考察・・・・・・・・21
2. 本研究の臨床的意義・・・・・・・・・・・・・・・・・・22
3. 本研究の問題点・・・・・・・・・・・・・・・・・・23

V. 終わりに・・・・・・・・・・・・・・・・・・24

VI. 引用文献・・・・・・・・・・・・・・・・・・25

I. はじめに

1. 骨端核の出現とその意義

骨化中心（骨端核）には一次骨化中心、二次骨化中心があり、四肢を構成する長幹骨では骨幹 *diaphysis* と骨端 *epiphysis* の骨化中心がそれぞれ一次骨化中心 *primary ossification center*、二次骨化中心 *secondary ossification center* に相当する。骨端核は内部の石灰化に伴い胎生期から生後に出現、年齢とともに成長する。単純エックス線写真における、それぞれの骨の骨端核の出現時期は概ね一定である（表 1）ため、その出現時期は小児の骨格の成長、すなわち骨年齢の指標として長年用いられてきた¹⁾。具体的には、推定される骨年齢が暦年齢に相当する場合には正常発育、骨年齢の方が進行していれば過剰発育、逆の場合には発育不良を疑う所見となる。簡便に成長の評価を行うことが可能であるため、小児の発達異常が疑われる際には、手や膝周囲の単純エックス線写真による骨年齢の評価が行なわれる。手の単純エックス線写真による骨年齢の評価は Greulich と Pyle の基準²⁾を元に行われる他、2 歳以下では足部³⁾や膝（Pyle と Hoerr の基準）⁴⁾の評価も行われることが多い。Breen ら⁵⁾は、小児放射線科医が骨年齢を評価する際は、小児の全年齢において Greulich と Pyle の基準が用いられることが多く、3 歳未満で左半身の単純エックス線写真による評価⁶⁾⁷⁾、1 歳未満で膝周囲の単純エックス線写真による評価³⁾も行われることがあることを報告した（図 1）。表 2 のような骨年齢の過剰発育、発育不良を生じる疾患において骨端核は早期に出現、ないし出現時期が遅れるため、単

純エックス線による骨端核の出現時期の評価により、成長に影響を及ぼす疾患を早期に発見することができる。

図1 小児放射線科医による骨年齢の評価部位と時期

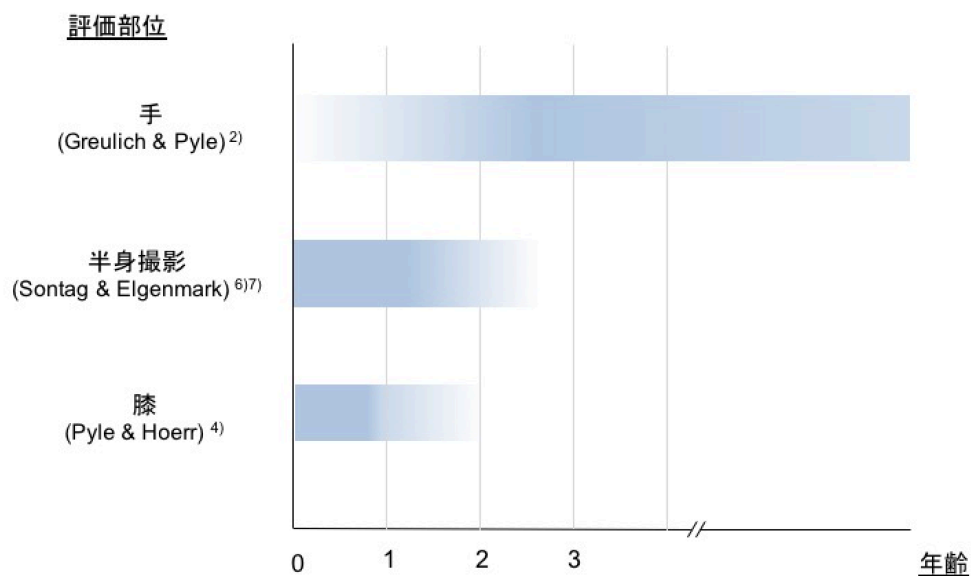


表1 胎生期～生後の骨端核の出現時期：

50 パーセントイルと 95 パーセントイル

骨端核	50 パーセントイル	95 パーセントイル
上腕骨頭	生後 2 週	♀ 生後 15 週 ♂ 生後 16 週
有頭骨 (手)	♀ 生後 2 か月 ♂ 生後 3 か月	生後 7 か月
大腿骨頭	生後 4 か月	生後 7 か月
大腿骨遠位	胎生 31 週	♀ 胎生 39 週 ♂ 胎生 40 週
脛骨近位	♀ 生後 1 週 ♂ 生後 2 週	♀ 生後 2 週 ♂ 生後 5 週

表2 骨端核の出現時期に影響する基礎疾患

早出（過剰発育）		遅延（発育不良）	
副腎過形成	成長ホルモン過剰	Cushing 症候群	成長ホルモン欠乏
甲状腺機能亢進症		甲状腺機能低下症	Addison 病
偽性副甲状腺機能低下症		汎下垂体機能低下	Turner 症候群
視床下部腫瘍	松果体腫瘍	Trisomy 21, 18	骨系統疾患
下垂体腺腫	性腺腫瘍	先天性心疾患	慢性腎不全
Sotos 症候群	遺伝性	炎症性疾患	低栄養
その他		ステロイド使用	その他

2. 骨端核出現時期の妥当性

骨端核の出現時期に関する研究は 1930-40 年代にヨーロッパやアメリカで行われ、現在教科書や成書に記載されている出現時期は当時の計測に基づくものである。小児期の成長速度や骨成熟には人種間の差が存在する⁸⁾⁹⁾こと、また小児の栄養状態は現代の方が明らかに良好であることを考慮すると、小児期の骨成熟の度合は人種や社会背景などの影響を加味しなければならず、70 年以上前の白人種における正常値を一元的に使用することは臨床上問題があると考えられる。しかしながら、1950 年代以降は単純エックス線による被曝の問題が取り沙汰されるようになったため、倫理的な観点からも小児の骨端核出現時期の研究は終息し、そのため現在では人種や栄養状態を考慮した個別のデータは存在していない。それでも縦断的な成長の評価を簡便に行えること、出現時期が

まずまず正確であることから、現在においても当時の基準が使用されているのが現状である。

3. 妥当性を検証するに至った経緯

本研究論文の著者は2014年4月からの2年間、自治医大とちぎ子ども医療センター小児整形外科にて小児の整形外科疾患の診療に携わった。その際に本研究を計画し、今回のような新しい知見を得ることができたため、その概要を以下に説明する。

3. 1. 自治医大とちぎ子ども医療センターについて

自治医大とちぎ子ども医療センター（図2）は、高度で専門的な小児医療を提供することを目的とし2006年9月に開設された¹⁰⁾。病床数135床を有し、小児科、小児外科だけでなく、小児整形外科、小児脳外科、小児泌尿器科、小児・先天性心臓血管外科、小児耳鼻咽喉科などが各科から独立して小児の診療を行なっている。小児整形外科では脊椎脊髄疾患（脊柱側彎症、二分脊椎など）、股関節疾患（発育性股関節形成不全: developmental dysplasia of the hip, 以下DDH、ペルテス病、大腿骨頭すべり症など）、足部疾患（先天性内反足、麻痺性足部変形など）を中心に、他病院では対応困難な小児整形外科疾患に対応している。特にDDHについては県内他施設ではほとんど対応しておらず、栃木県だけでなく群馬県、茨城県など近隣の自治体からの紹介も数多く紹介されている。小児整形外科の年間新患者数は4-500名程度であり、うち新生児から

乳児期の股関節疾患（開排制限、DDH およびその疑い）は6-70名で、県外からの紹介は2-3割程度である。

図2 自治医大とちぎ子ども医療センターの外観



3. 2. DDH について

新生児期、乳児期における股関節脱臼はかつて先天性股関節脱臼と称されていた。しかし脱臼前状態の股関節が生後に脱臼する症例も多く存在することから、先天性という名称が不適切であるとされ、現在では発育性股関節形成不全(DDH)と呼ぶことが一般的となっている。DDH¹¹⁾¹²⁾は周産期および出生後の発育過程で大腿骨頭が関節包の中で脱臼している状態であり、亜脱臼や臼蓋形成不全などの脱臼前状態にある股関節も含まれる。脱臼前状態である不安定な股関節(unstable hip)は全出生児の0.5-1%、真の股関節脱臼は全出生児の0.1%

にみられ、その原因は遺伝や環境因子（胎内での姿位）など多岐にわたる。完全脱臼状態では股関節機能不全による歩行障害を生じるだけでなく、亜脱臼や臼蓋形成不全においても将来的に変形性股関節症へ進行し、疼痛の原因となる（図3）。股関節症を進行させないためにも、早期に診断し治療することが非常に重要である。診断は古典的な方法として単純エックス線写真による臼蓋や大腿骨頭の評価を行う¹³⁾¹⁴⁾（図4）。臼蓋形成不全は α 角 30° 以上またはOE角 15° 未満と定義され、完全脱臼では大腿骨頭が臼蓋内に存在しないことで判断できる。生後半年までなら超音波検査でも簡便に臼蓋形成不全や股関節脱臼の評価ができるため、近年は超音波検査によるスクリーニングが行われることが多い。DDH完全脱臼例のほとんどは生後3-4か月での乳児健診にて発見されるため、治療はまずはリーメンビューゲル（図5）と呼ばれる装具で治療を行い、脱臼の整復を図る。整復不能例に対しては持続牽引や徒手整復などが行われるが、それでも整復できない場合は観血的治療（手術）が必要となる。代表的な手術方法は内側からアプローチするLudroff法¹⁵⁾¹⁶⁾、外側からアプローチする広範囲展開法¹⁷⁾¹⁸⁾などがある（図6）。

図3 DDH 完全脱臼例と変形性股関節症

A 左股関節脱臼



B 変形性股関節症

脱臼高位で新臼蓋を形成し、そこで骨頭の変形を生じている



図4 DDHにおけるレントゲンパラメーター

Y線：両側腸骨最下端を結ぶ線

E点：臼蓋の外側端の点 O点：大腿骨近位骨端線の中点

α 角：Y線とE点のなす角

OE角：O点を通る垂線とE点のなす角

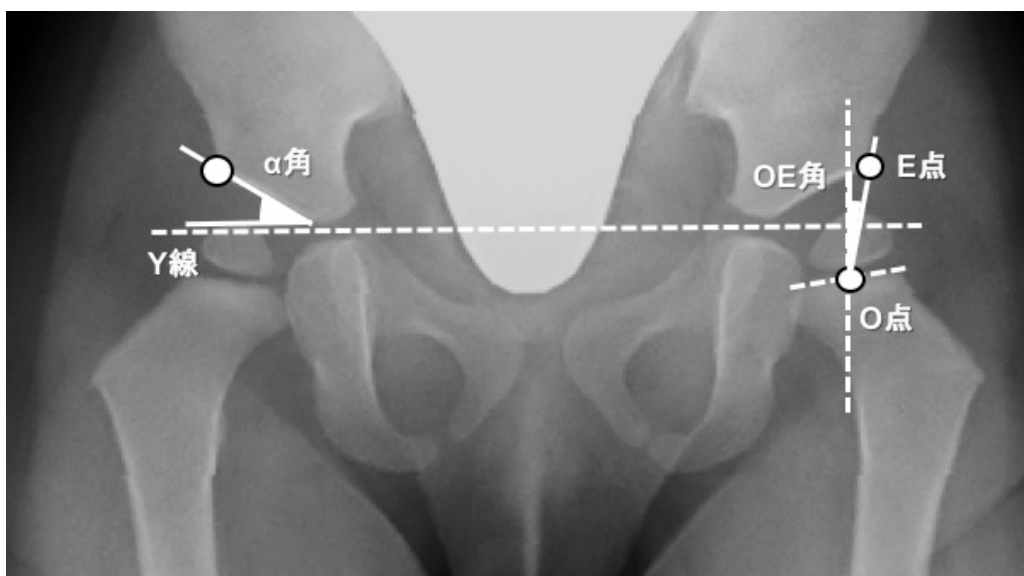
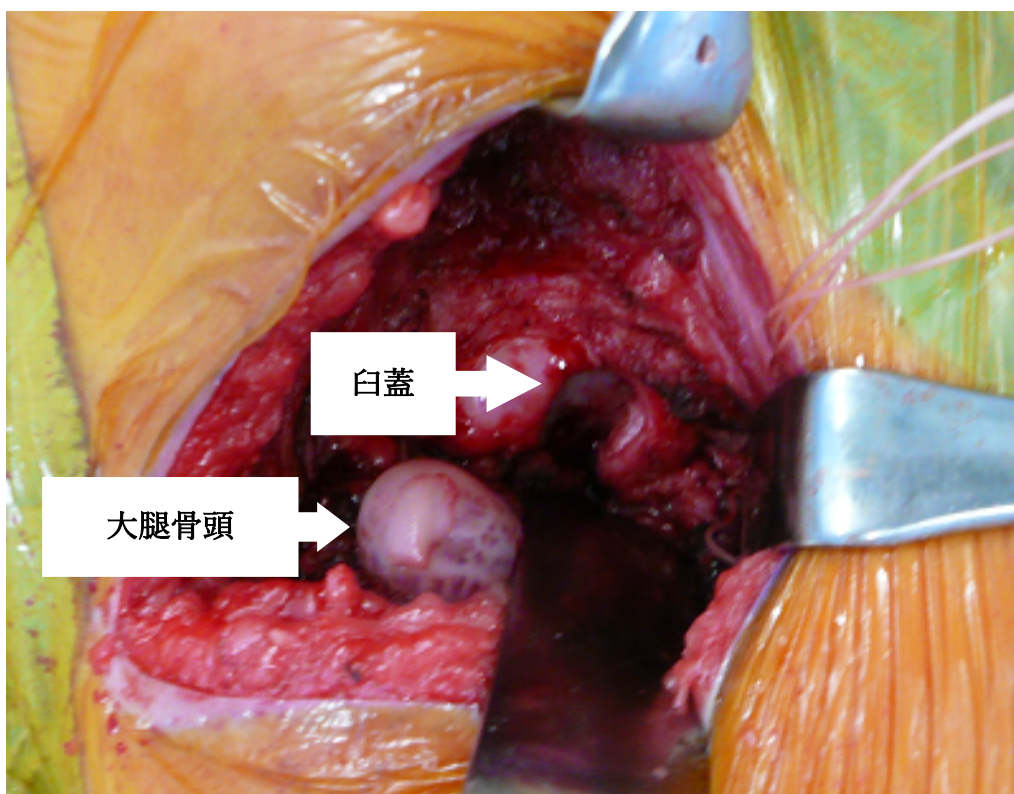


図5 リーメンビューゲルによる治療



図6 広範囲展開法による観血的整復

白蓋内の関節唇を整復、白蓋内に大腿骨頭を整復させる



3. 3. DDH の治療成績に関する研究

DDH に対する当施設の治療方針であるが、リーメンビューゲルによる治療で整復が得られない場合、持続牽引などは行わず、1 歳前後で広範囲展開法による観血的整復を行なっている。その理由として、1) 保存療法による治療期間をいたずらに延ばさないこと、2) Ludroff 法では骨頭壊死や再脱臼のリスクが高い¹⁹⁾ ことなどが挙げられる。

当施設の方針を裏付けるため、本研究の筆者は当施設における広範囲展開法の治療成績に関する臨床研究を行った。最低 5 年の経過観察を行った広範囲展開法術後の 16 症例を検証した結果、広範囲展開法では骨頭壊死の発生がな

く、再脱臼による再手術も 6.3%と、Ludroff 法の治療成績と比較して合併症が少ないことが判明した²⁰⁾²¹⁾。この研究において、筆者らは多数の DDH 患児の股関節単純エックス線写真を検討したが、DDH 患児の患側における大腿骨頭骨端核の出現時期は平均 9.7 か月であり、これまで正常とされてきた時期（50 パーセントイル：4 か月、95 パーセントイル：7 か月）よりも遅いことが判明した。過去の海外での報告においても、DDH 患児の骨端核出現時期は正常よりも 1-2 か月遅れ、DDH 片側例では 6-12 か月の間、骨端核が非対称となることが報告されている²²⁾²³⁾。

以上より、日本人における小児大腿骨頭骨端核の出現時期は過去の報告よりも遅く、また股関節の異常そのものも、その出現時期に影響を及ぼす可能性が示唆された。当施設は小児股関節疾患の患児が多数受診すること、また診療行為として単純エックス線写真を撮影する機会が多いことから、日本人の小児における大腿骨頭出現時期の検証を行うことができると考えた。よって本研究を行うこととなった。

4. 本研究の背景

先述の通り、小児の成長の指標として、単純エックス線写真における骨年齢の評価が行われてきた。多数の手指骨や手根骨による骨端核の評価が可能であるため、小児期全般で手の単純エックス線写真が撮影される他、2 歳以下では膝や足の撮影も行われる。大腿骨頭骨端核は生後 2-3 週で出現し、生後 4 か月で約半数に出現、生後 7-8 か月で 95%の小児の単純エックス線写真に出現す

ると報告されており、小児の成長の指標として重要な所見の一つである。発達不良となる基礎疾患や骨系統疾患、そして DDH では大腿骨頭骨端核の出現時期が遅れるため、大腿骨頭骨端核の出現遅延は小児期における見逃してはならない重要な単純エックス線写真の所見である。

日本では母子保健法に基づいて乳幼児健診事業が実施され、法定健診として 1 歳 6 か月児健診、3 歳児健診が行われている。これ以外の対象者については第 13 条に定められ、ほとんどの市町村において 3-4 か月児健診が行われている²⁴⁾。この際に小児科医や整形外科医が乳児の股関節を診察する機会があり、DDH が疑われる症例では超音波や単純エックス線写真による股関節の評価が行われることも多い。しかしながら、この時期の単純エックス線写真では大腿骨頭の骨端核が未出現であることは少なくなく、さらにその後の 7-8 か月健診での画像評価においても大腿骨頭骨端核が出現していないことは临床上よく経験することである (図 7)。日本では先天性内分泌疾患、代謝異常症の早期発見を目的とした新生児マススクリーニング検査²⁵⁾が 97%の新生児に対し行われており、発達障害を来す疾患で頻度の高い先天性甲状腺機能低下症 (クレチン症) や先天性副腎過形成の疾患は新生児期に発見されていることがほとんどである。加えて、DDH や骨系統疾患は単純エックス線写真で指摘することは可能であるため、生後 7-8 か月で大腿骨頭骨端核が出現していない乳児のほとんどは基礎疾患のない乳児であると考えられる。しかしながら従来基準に当てはめれば、この時期の大腿骨頭骨端核未出現児は何かしらの基礎疾患の存在を疑うべきであり、小児科での精査を検討しなければならない。このようなジレンマが存在することは事実であり、この時期の大腿骨頭未出現児に対しどこ

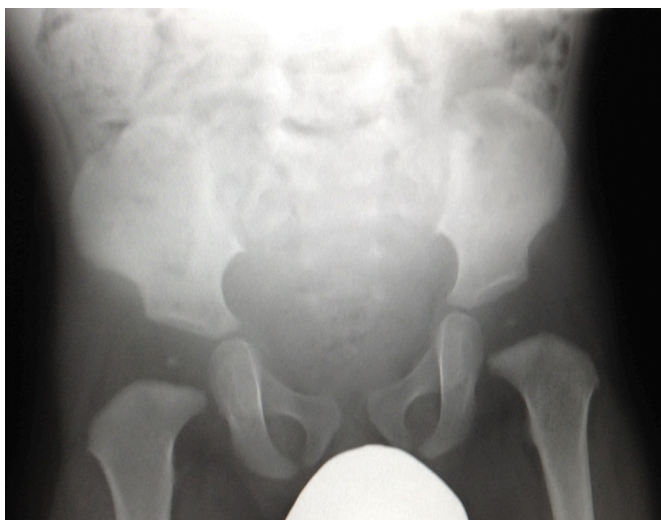
まで介入するかの判断が非常に難しい。発達障害を疑われ過剰な検査が小児科で行われる可能性も懸念されるため、日本人正常児における大腿骨頭骨端核の正常値を知ることは小児に対する過剰な侵襲を加えないこと、さらに医療経済面においても重要であると考えられる。

図7 正常児における股関節単純エックス線写真の1例

A 生後9か月：骨端核未出現



B 生後16か月：骨端核がようやく出現



5. 本研究の目的・仮説

5. 1. 目的

日本人正常児における大腿骨頭骨端核の出現時期を知ること、また発育過程における股関節の形態が出現時期に影響を及ぼすかを調べること。

5. 2. 仮説

- 1) 日本人正常児における大腿骨頭骨端核の出現時期は、従来の報告よりも遅い。
- 2) 前脱臼状態、すなわち臼蓋形成不全の小児では大腿骨頭骨端核の出現時期が遅くなる。

II. 対象と方法

1. 対象

本研究は retrospective study であり、自治医科大学の論理審査委員会の承認を得て行った。自治医大とちぎ子ども医療センター開設の 2006 年 9 月のから 2014 年 3 月までの間に、股関節疾患またはその疑いで当院小児整形外科に紹介となった生後 8 か月以内の小児で、最低 1 回は股関節の単純エックス線写真が撮影されたことのある 436 名から対象を抽出した。

対象となる股関節疾患

1) 開排制限 (limitation of abduction in flexion; LA)

開排（股関節の屈曲＋外転）が硬く股関節が開きにくい状態で、DDH を疑う所見の一つである。股関節そのものに問題はなく、継時的に可動域制限は改善する。

2) 臼蓋形成不全 (acetabular dysplasia)

定義上は DDH に含まれるが、明らかな脱臼はなく、臼蓋が浅い状態。前述のレントゲンパラメーターにおいて、乳児では α 角 $\geq 30^\circ$ 、または OE 角 $< 15^\circ$ を臼蓋形成不全と判断した。

3) DDH またはその疑い

慣習上 DDH イコール真の脱臼と扱われることが多い。

436 名中、LA が 256 名、臼蓋形成不全が 72 名、DDH またはその疑いが 108 名であった。ここから以下の基準を満たしたものを研究対象とした。

選択基準

- 1) 初診時の単純エックス線写真で両側大腿骨頭骨端核が出現していないこと
- 2) 定期的な経過観察中に両側の大腿骨頭骨端核の出現を確認

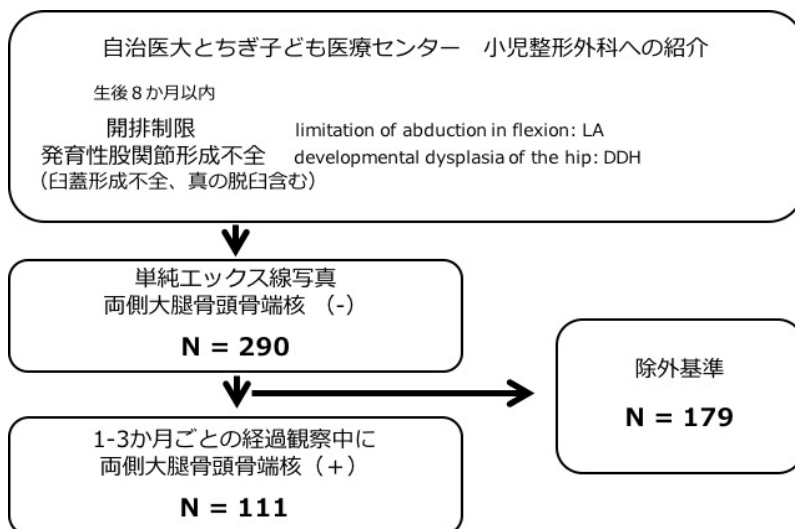
：疾患により 1-3 か月おきに単純エックス線写真を撮影した

除外基準

- 1) 真の股関節脱臼症例
- 2) 重度の臼蓋形成不全のためにリーメンビューゲルで治療した症例
- 3) 発達遅延となる明らかな基礎疾患を有する症例
- 4) 骨端核の出現を確認できる前にドロップアウトした症例

以上の基準を満たした 111 例 222 股関節を本研究の対象とした（図 8）。当院初診時月齢は平均 3.6 か月、性別は女児 85 例、男児 26 例であった。LA 股は 65 例 70 股（両側例 5 例含む）、DDH 股（真の脱臼を除いた臼蓋形成不全股）は 46 例 53 股（両側例 7 例含む）で、正常股関節は 99 股であった。

図 8 対象選択のフローチャート



2. 方法

111例 222股を以下の3群に分類した。

- 1) DDH-/LA-群： α 角が 30° 未満で開排制限のない群（正常股）
- 2) DDH-/LA+群： α 角が 30° 未満で開排制限を有する群（開排制限股）
- 3) DDH+群： α 角が 30° 以上の群（臼蓋形成不全股）

各股関節群における単純エックス線写真での大腿骨頭骨端核の出現時期、初診時の α 角、OE角を計測、各群間で比較した。また各股関節群において骨端核出現時期の50パーセンタイルを求め、それぞれの群を50%以下の時期に出現した早期出現群（early-appearance: E群）と50%以上の時期に出現した晚期出現群（late-appearance: L群）とにさらに分類し、各股関節群内のE群、L群間での α 角、OE角を比較した。

統計解析にはSPSS ver.22 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)を使用し、Mann-Whitney U test または paired t-test を行い群間の比較を行なった。有意水準は0.05 未満に設定した。

III. 結果

222 股関節の内訳は、DDH-/LA-群が 99 股（左 26 股、右 73 股）、DDH-/LA+群が 70 股（左 51 股、右 19 股）、DDH+群が 53 股（左 34 股、右 19 股）であった。

大腿骨頭骨端核の出現時期であるが、最も早く出現した月齢は DDH-/LA-群、DDH-/LA+群で 3 か月、DDH+群で 4 か月であった。50 パーセントイル（中央値）は DDH-/LA-群、DDH-/LA+群で 6 か月、DDH+群で 8 か月であり、DDH-/LA-群、DDH-/LA+群は DDH+群と比較し、有意に早期に骨端核が出現していた（表 3）。いずれの群においても 95 パーセントイルは 12 か月であった（図 9-11）。最も遅く出現した月齢は DDH-/LA-群、DDH-/LA+群で 18 か月、DDH+群で 16 か月であった。

DDH-/LA-群における α 角は、E 群 $25.0^\circ \pm 4.4^\circ$ 、L 群 $25.3^\circ \pm 3.9^\circ$ 、OE 角は E 群 $6.0^\circ \pm 3.9^\circ$ 、L 群 $7.3^\circ \pm 5.0^\circ$ であった。DDH-/LA+群における α 角は、E 群 $25.9^\circ \pm 4.6^\circ$ 、L 群 $25.6^\circ \pm 5.7^\circ$ 、OE 角は E 群 $4.8^\circ \pm 5.7^\circ$ 、L 群 $6.7^\circ \pm 5.0^\circ$ であった。DDH+群における α 角は、E 群 $33.0^\circ \pm 5.3^\circ$ 、L 群 $33.8^\circ \pm 6.1^\circ$ 、OE 角は E 群 $1.9^\circ \pm 5.5^\circ$ 、L 群 $0.8^\circ \pm 7.6^\circ$ であった。全ての股関節群において、初診時の α 角・OE 角は E 群と L 群間では有意な差を認めなかった（表 4）。

図9 DDH-/LA- 群の単純エックス線写真での大腿骨頭骨端核出現時期

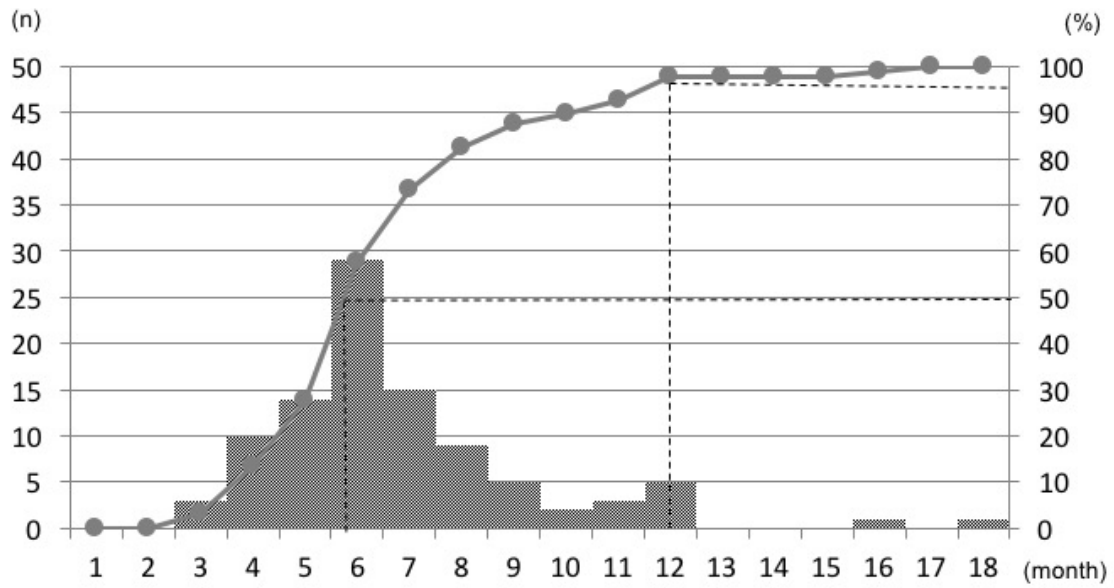


図10 DDH-/LA+ 群の単純エックス線写真での大腿骨頭骨端核出現時期

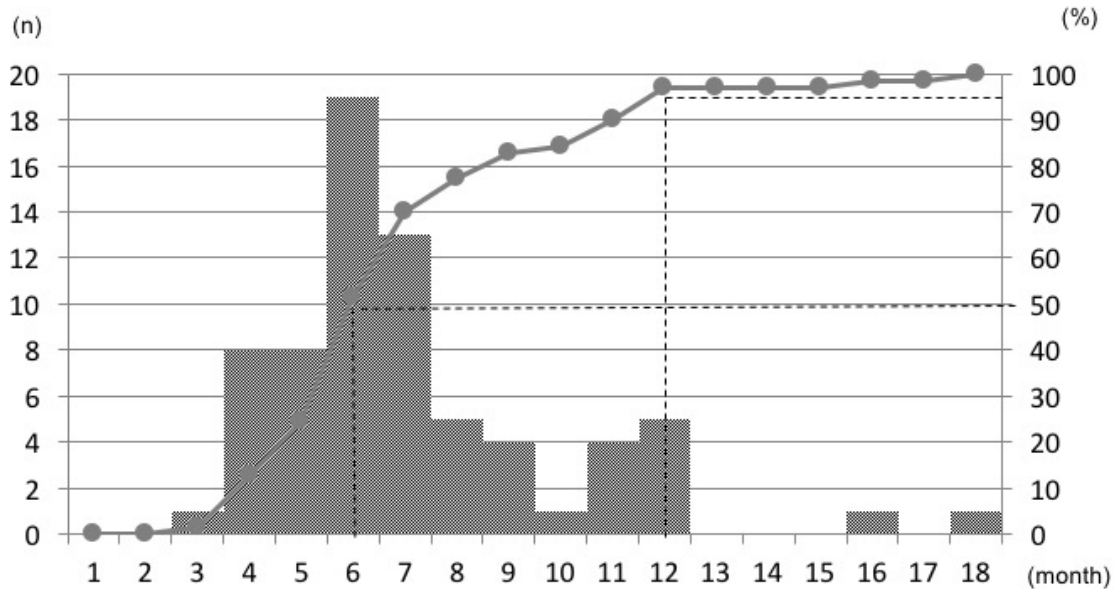


図 11 DDH+ 群の単純エックス線写真での大腿骨頭骨端核出現時期

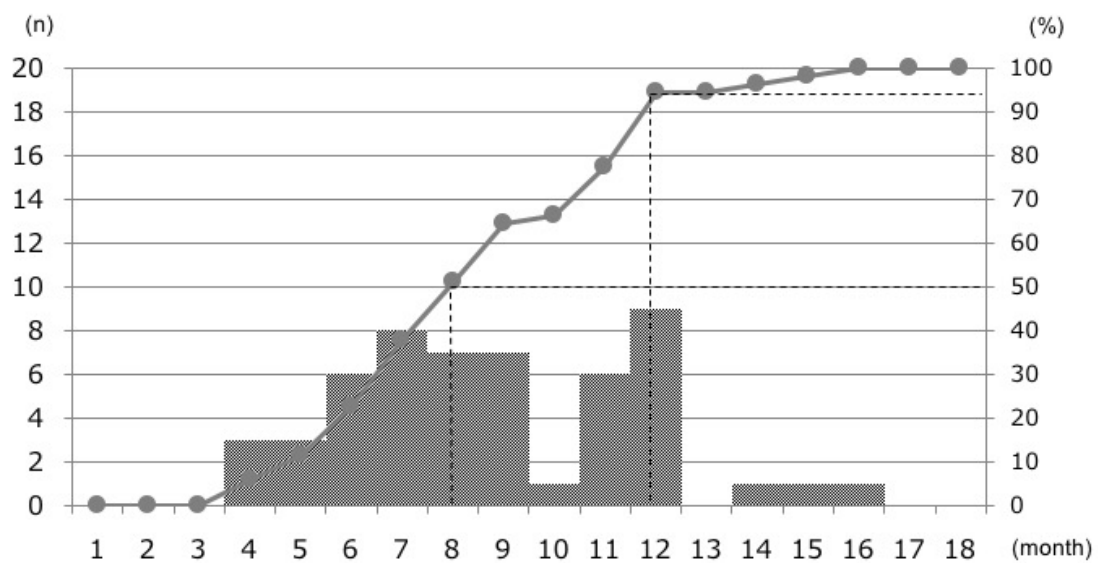


表3 各股関節群における、単純エックス線写真での大腿骨頭骨端核出現時期の中央値 (50 パーセントイル)

	月齢		P 値
DDH-/LA- 群	6]]]	0.42]]]
DDH-/LA+ 群	6		
DDH+ 群	8		

*: 有意差あり

表4 各股関節群における、初診時のα角・CE角

		早期出現群 (E 群)	晚期出現群 (L 群)	P 値
DDH-/LA- 群	α 角	25.0 ± 4.4°	25.3 ± 3.9°	0.77
	OE 角	6.0 ± 3.9°	7.3 ± 5.0°	0.16
DDH-/LA+ 群	α 角	25.9 ± 4.6°	25.6 ± 5.7°	0.79
	OE 角	4.8 ± 5.7°	6.7 ± 5.0°	0.15
DDH+ 群	α 角	33.0 ± 5.3°	33.8 ± 6.1°	0.64
	OE 角	1.9 ± 5.5°	0.8 ± 7.6°	0.56

IV. 考察

1. 本研究で明らかになった新知見についての考察

これまでは単純エックス線写真における大腿骨頭骨端核は生後4か月で半数に出現し、生後7-8か月で95%の小児に出現すると報告されてきた²⁶⁾²⁷⁾。しかし本研究により、日本人の正常児における大腿骨頭骨端核の出現時期の95パーセンタイルは12か月であることが判明した。加えて50パーセンタイルはDDH-/LA-群とDDH-/LA-群で6か月、DDH+群では8か月であり、 α 角が 30° 以上では骨端核の出現時期が遅れることも判明した。

これまでに日本人を含む黄色人種における大腿骨頭骨端核の出現時期に言及した報告はなく、本研究が初の報告となる。過去の報告に比べて出現時期が遅い原因は不明であるが、先述の如く人種間での成長速度の違い、地域、栄養状態、小児の公衆衛生環境などが影響している可能性が考えられる⁸⁾⁹⁾。

また本研究では α 角が 30° 以上では骨端核の出現時期が遅れていたが、各股関節群内において出現時期の遅速と α 角、OE角の大きさに関連はなかった。すなわち、出現時期を遅くする形態学的な因子は α 角 $\geq 30^\circ$ 以上と言える。松下らの報告¹⁹⁾では真の脱臼症例での整復後に大腿骨頭が過成長すると報告されており、大腿骨頭及び臼蓋の適合性が良好であることがそれぞれの成長に重要であることが示唆されている。すなわち、大腿骨頭骨端核の出現前であっても、大腿骨頭と臼蓋の適合性が不良な状態（真の脱臼ないし α 角が 30° 以上）では大腿骨頭の成長が遅れるため、骨端核の出現時期も遅れる可能性が考えら

れた。

2. 本研究の臨床的意義

これまでに日本人特有の大腿骨頭骨端核の出現時期を調べた報告はなく、今回の結果は日本人における骨端核の出現時期の新しい基準となる。これまでは生後7-8か月で大腿骨頭骨端核が出現していない乳児のほとんどは基礎疾患のない乳児であるにもかかわらず、発達障害を生じる基礎疾患の存在を疑われ、小児科での精査が行われてきた。しかし今回の結果から、身長・体重の成長曲線の標準偏差を下回るほどの成長障害がない限りは、大腿骨頭骨端核が出現していなくても生後12か月までは経過観察しても問題がないと考えられる。不必要な侵襲的検査を避けること、いたずらに両親に不安を与えないためにも、本研究の結果は整形外科医だけでなく、小児科医、放射線科医にとっても知っておくべき重要な知見である。近年では放射線被曝の点で単純エックス線写真による評価は避けられる傾向があり、簡便性、非侵襲的である点から乳児の股関節疾患のスクリーニングに超音波検査が用いられることが多くなってきた。しかしながら、小児科診療にて標準的に行われる胸部・腹部単純エックス線写真検査の際に同時に股関節の評価も行えること、低線量単純エックス線写真検査が可能な施設が増えてきていることもあり、単純エックス線写真検査は超音波検査に比較しデメリットが多いとは言い難い。再現性の高さ、継時的な成長の評価が簡便でもあることから、骨の評価には単純エックス線写真が現在、そして将来的にも最適な評価方法であると考えられる。本研究の結果は臨床的に

重要かつ必要な知見であることを重ねて強調したい。

3. 本研究の問題点

本研究の問題点は以下の通りである。

- 1) 骨端核の出現時期の評価として、妊娠週数を加味せず、出生時からの週数を使用していること。
- 2) 乳児の栄養状態、身長、体重など、骨端核の出現時期に影響しうる因子を加味していないこと。
- 3) 過剰な被曝を避けるために必要な時期に単純エックス線写真検査を行っているため、月齢ごとの定期的な評価を行っていないこと。

V. 終わりに

展望と課題

小児の大腿骨頭骨端核は、そのほとんどが生後7-8か月までに単純エックス線写真で出現すると報告され、出現時期が遅れている場合には成長障害を来す疾患の存在を考える必要があった。しかし本研究により、日本人正常児における大腿骨頭骨端核の出現時期は生後12か月までは問題がなく、 α 角が 30° 以上の場合、出現時期が遅くなる可能性があることが判明した。この知見は正常小児に対する過剰な検査の回避に繋がり、小児や両親への負担軽減、さらには医療経済の観点からも重要である。しかしながら骨端核の出現時期のみで成長障害を生じうる疾患の存在が完全に否定できるわけではないため、成長障害の有無はその小児の状況を加味して総合的に判断する必要がある。本研究の知見が日本における小児科診療の一助となることを期待したい。

VI. 引用文献

- 1) Kan JH, Strouse PJ. Embryology, Anatomy, and Normal Findings. *In: Coley BD(ed). Caffey's Pediatric Diagnostic Imaging (12th edition)*. Philadelphia Pa, Elsevier Saunders :1327–1346, 2013.
- 2) Greulich WW, Pyle SI. *Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist, 2nd edn*. Stanford, CA, Stanford University Press, 1959.
- 3) Hoerr NL, Pyle SI, Francis CC. *Radiographic atlas of skeletal development of the foot and ankle*. Charles C. Thomas, Springfield, 1962.
- 4) Pyle SI, Hoerr NL. *A radiographic standard of reference for the growing knee, 1st edn*. Charles C. Thomas, Springfield, 1969.
- 5) Breen MA, Tsai A, Stamm A, Kleinman PK. Bone age assessment practices in infants and older children among Society for Pediatric Radiology members. *Pediatr Radiol*. 46:1269–1274, 2016.
- 6) Sontag LW, Snell D, Anderson M. Rate of appearance of ossification centers from birth to the age of five years. *Am J Dis Child*. 58:949-956, 1939.
- 7) Elgenmark O. Normal development of the ossific centers during infancy and childhood: clinical, roentgenologic and statistical study. *Acta Paediatr Scand*. 36:1-79, 1946.
- 8) Pettersson H, Theander G. Ossification of femoral head in infancy. I. Normal Standards. *Acta Radiol Diagn*. 20(1):170–179, 1979.
- 9) Paranjape M, Cziger A, Katz K. Ossification of femoral head: Normal sonographic

- standards. *J Pediatr Orthop*. 22(2):217–218, 2002.
- 10) 自治医科大学子ども医療センター. <http://www.jichi.ac.jp/hospital/top/jcmct/>
Accessed September 17 2018.
- 11) 須藤啓広: 股関節の疾患. *標準整形外科学* (松野丈夫ほか編) 第12版, 医学書院, 東京, 613–656, 2014.
- 12) Staheli LT. Developmental Hip Dysplasia. In *Staheli LT(ed). Practice of pediatric orthopedics (2nd edition)*. Philadelphia, Lippincott, 166–181, 2006.
- 13) Yamamuro T, Chene SH. A radiological study on the development of the hip joint in normal infants. *J Jpn Orthop Assoc*. 49(7):421–439, 1975.
- 14) Ohmori T, Endo H, Mitani S, Miyanaga H, Tetsunaga T, Ozaki T. Radiographic prediction of the results of long-term treatment with the Pavlik harness for developmental dislocation of the hip. *Acta Med Okayama* 63(3):123–8, 2009.
- 15) Koizumi W, Moriya H, Tsuchiya K, Takeuchi T, Kamegaya M, Akita T. Ludloff's medial approach for open reduction of congenital dislocation of the hip: A 20-year follow-up. *J Bone Joint Surg Br* 78-B: 924–929, 1996.
- 16) Okano K, Yamada K, Takahashi K, Enomoto H, Osaki M, Shindo H. Long-term outcome of Ludloff's medial approach for open reduction of developmental dislocation of the hip in relation to the age at operation. *Int Orthop* 33: 1391–1396, 2009.
- 17) Tanabe G, Kunisada H, Miyake Y. A modified technique for open reduction of congenital dislocation of the hip. *J Jpn Orthop Assoc* 51: 503–11, 1977.

- 18) Akazawa H, Tanabe G, Miyake Y. A new open reduction treatment for congenital hip dislocation: long-term follow-up of the extensive anterolateral approach. *Acta Med Okayama* 44: 223–31, 1990.
- 19) Matsushita T, Miyake Y, Akazawa H, Eguchi S, Takahashi Y. Open reduction for congenital dislocation of the hip: comparison of the long-term results of the wide exposure method and Ludloff's method. *J Orthop Sci* 4: 333–341, 1999.
- 20) Sugawara R, Watanabe H, Hagiwara K, Inoue H, Takeshita K, Kikkawa I. Radiological results of treatment using an extensive anterolateral approach for developmental dysplasia of the hip: minimum 5-year follow-up. *J Pediatr Orthop B* 25(6):499–503, 2016.
- 21) Watanabe H, Sugawara R. Letter to the Editor. Response to "Is the extensive anterolateral approach for the treatment of developmental dysplasia of the hip more favorable than conventional surgical methods?" by Citlak and Baki. *J Pediatr Orthop B* 2018. in press.
- 22) Bertol P, Macnicol MF, Mitchell GP. Radiographic features of neonatal congenital dislocation of the hip. *J Bone Joint Surg Br* 64(2):176–179, 1982.

23) Harcke HT, Lee MS, Sinning L, Clarke NM, Borns PF, MacEwen GD. Ossification center of the infant hip: sonographic and radiographic correlation. *Am J Roentgenol.* 147(2):317–21, 1986.

24) 乳 幼 児 健 康 診 査 事 業 実 践 ガ イ ド .
https://www.ncchd.go.jp/center/activity/kokoro_jigyo/guide.pdf.

Accessed September 19 2018.

25) 母子保健の現状. 厚生労働省.

<http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r9852000001oujo-att/2r9852000001oumv.pdf>

Accessed October 12 2017.

26) Scoles PV, Boyd A, Jones PK. Roentgenographic parameters of the normal hip. *J Pediatr Orthop.* 7(6):656–663, 1987.

27) Segal LS, Schneider DJ, Berlin JM, Bruno A, Davis BR, Jacobs CR.

The contribution of the ossific nucleus to the structural stiffness of the capital femoral epiphysis: A porcine model for DDH. *J Pediatr Orthop.* 19(4):433–437, 1999.