



日本語版



## ESSENTIALS OF INFANT HIP SONOGRAPHY According to GRAF

Graf法による乳児股関節超音波検査の要点



R. Graf  
K. Lercher  
S. Scott  
T. Spieß

Copyright® Sonocenter Stolzalpe

日本語訳(2024年12月19日)  
渡邊 研二  
星野弘太郎  
(乳児股関節エコーセミナー講師)

# Graf法による乳児股関節超音波検査の要点

Stolzalpe Sonocenter 2017, A-8852 Solzalpe版

はじめに

乳児股関節の超音波検査で誤診の主な原因の一つは、多くの医療施設での非公式の「ベッドサイド教育」が公式の教育に置き換えられ、その教育水準の悪化から質の悪い股関節超音波検査から発生するエラーである。

このマニュアルは、講師と受講者の両方のためのガイドラインを目的としている。

それは、学習した内容の定期的なチェックとステップの教育プログラムによる手順を提供する。

マニュアルは、基本的な事項のみが記載されており、本質的な事実を強調している。

科学的背景は参照文献を参照してください。(P35参照)

股関節超音波検査の3本柱は以下である。

- A) Examination technique 検査技術
- B) Anatomical Identification 解剖の識別 (チェックリスト1)
- C) Usability Check 画像の有用性の識別 (チェックリスト2)

## 1. 解剖学／解剖学的識別

超音波画像上の構造物の誤った同定に起因する診断ミスを回避するためには、超音波で観察される乳幼児の股関節の解剖学的構造に関する正しい知識が不可欠である。

### 1.1 Chondro-osseous border 骨軟骨境界(ChB)

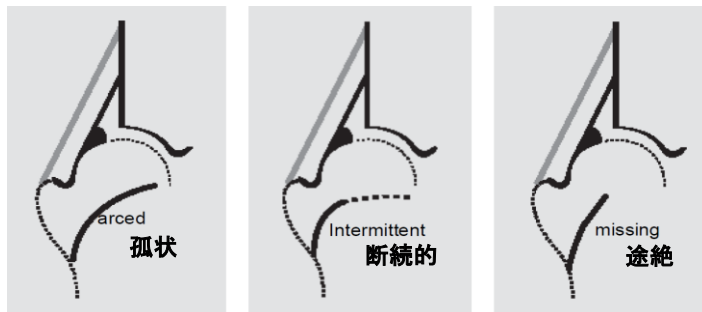
近位大腿骨と大腿骨頭は、主に硝子軟骨で形成されている。ChBは骨の部分から硝子部分をわける。硝子軟骨部は以下のとおりである。

大腿骨頭 大転子 大腿骨頸部の近位部

ChBのエコーは、他のすべての解剖学的構造を識別するための最も重要なランドマークである。

ChBは、3つの基本的な形を取る。

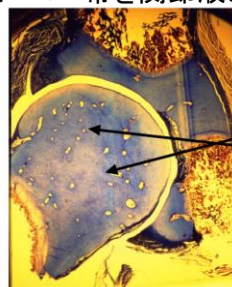
- Arced; 新生児は弧状になる
- Palisades; ChBの中間部分は、断続的な並列エコー(柵状)となる。
- Medial section missing; 外側からの音響陰影によって内側部は見えなくなる。



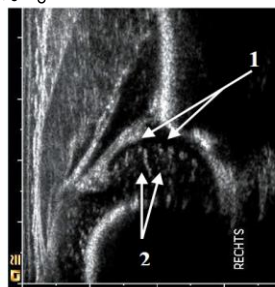
### 1.2 Femoral Head 大腿骨頭

新生児の大腿骨骨頭は、ボールのような丸ではなく、わずかに楕円形である。幾何学的に見て新生児の股関節は生理的な不調和を伴う楕円形の関節に相当し、決してボールベアリングのようではない。

大腿骨頭の中心部には洞様毛細血管(Sinusoids)があり、超音波画像上は虫食いやコンマのような像として観察される。これらのエコーは中心部(central zone)でしか見えないのに対し、表層部(annular zone)には血管はほとんどなく、超音波像ではエコーのない輪のように見える。この無エコー帯を関節液と間違えてはならない。



Sinusoids  
洞様毛細血管



1. annular zone  
2. central zone

## Femoral Head Nucleus 大腿骨頭核

大腿骨頭の核は通常、中心にはない。したがって、骨頭とソケットの関係を評価するために、X線検査のように超音波検査の大腿骨頭核を決して使用してはならない。

大腿骨頭核はX線写真よりも超音波写真の方が4～8週間早く見られる。これは、超音波検査で骨化が確認される前に、細胞が早期に凝縮するためである。

股関節の骨化が進行しすぎて核が大きくなり、音波の透過が妨げられて腸骨下肢が音響陰影になる場合は、超音波検査では診断できない。(「2. Usability check」を参照)

大腿骨頭核にかかわる問題:

### •Size Assessment サイズ評価

核は大腿骨頭の中心ではなく、円形でもないため、核の大部分が超音波検査面の外側にある可能性がある。したがって、超音波検査による核の大きさの再現性のある評価は不可能である。

### •Half moon phenomenon (図上)

大腿骨頭核が大きいと、内側が音響影になるため、外側だけが見える。

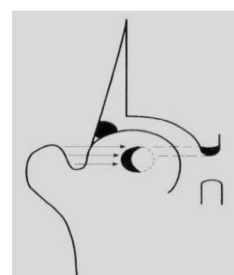
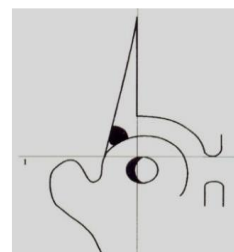
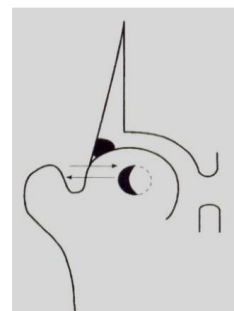
### •Diagnostic error (図中)

骨頭核は通常、大腿骨頭の中心ではなく、half moon phenomenonにより核が誤って外方に位置するように見える。

### •Limiting the method (図下)

骨頭核が大きくなると腸骨下端が音響陰影で隠され診断できなくなる。

(例外あり:「2. Usability check」を参照)



## 1.3 Synovial fold 滑膜ひだ

股関節の関節包は、大腿骨頭部を囲み、大転子レベルのzona orbicularis(輪帯)領域で軟骨膜に結合する。関節包が大転子の軟骨膜に移行する部位を「synovial fold(滑膜ひだ)」と股関節の超音波検査では呼ぶ。そのエコーは丸い点、または、2本の平行線として見える。synovial fold(滑膜ひだ)を関節唇と間違えてはならない。

## 1.4 Hip Joint Capsule 股関節包

大腿骨頭の外側は関節包で囲まれている。関節包は滑膜ひだから、骨頭の上をとおり、acetabular roof(臼蓋)の軟骨部分を越えて頭側へ続く。関節包のエコー像は大腿直筋回頭(reflected head)の下の脂肪組織に終わる。滑膜ひだを起点として関節包を追跡する際には、誤って筋間中隔を追跡しないことが重要である。超音波画像上、滑膜ひだから始まり、近位側で常に最も内側をとおり、外側へ行くことはない。坐骨大腿靭帯は近位関節包の内側にあって高エコーであるが関節唇と間違えてはいけない(「1.7 軟骨膜」を参照)。

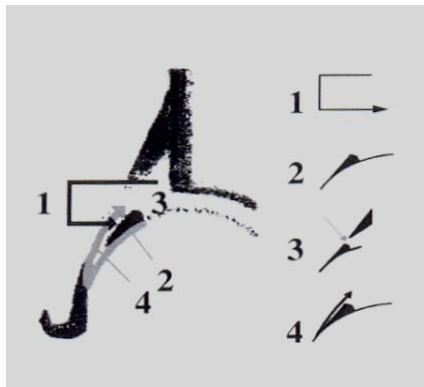
## 1.5 Acetabular Labrum 臼蓋関節唇

大腿骨頭の表面にある関節包を頭側にたどると、関節包に隣接して関節包の内側に関節唇があることがわかる。

線維軟骨である関節唇は、関節の内側にエコー源性(echogenic)の三角形の構造として見られる。

関節唇は軟骨性臼蓋の外側部分に付着している。

超音波検査では、寛骨臼の位置を明確に特定することが困難な場合がある。臼蓋の位置を特定するためには、4つの定義が役に立つ。

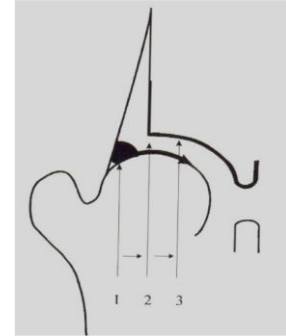


1. 関節唇は常に、関節包内の無エコー性硝子軟骨性臼蓋の外側および遠位に見られるエコーである。
2. 関節唇は常に大腿骨頭と接している。
3. 関節唇は常にperichondrial gapの尾側に位置する。
4. 関節唇は、関節包の輪郭が大腿骨頭の表面から分岐している部分に位置する。

4つの定義すべてを用いる必要はない。一つの定義で関節唇が明確に識別できれば十分である。

#### Standard Sequence 標準配列

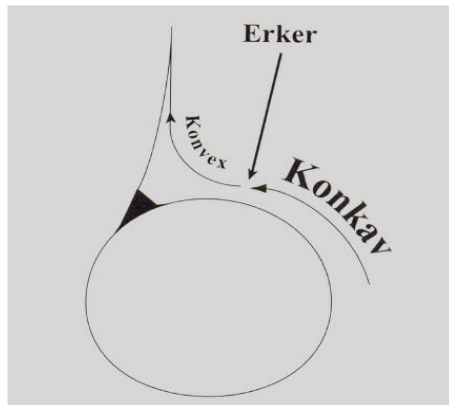
関節唇を識別した後、大腿骨頭の表面を外側から内側へたどっていくと、関節唇(Labrum)に隣接する次の構造として、軟骨性臼蓋(cartilage roof)があり、その内側に骨性臼蓋(bony roof)からのエコーが見られる。外側から 1. Labrum 2. Cartilage 3. Bony roof 「標準配列」を知る目的は、軟骨性臼蓋(cartilage roof)が識別され、忘れないことを確実にするためである。



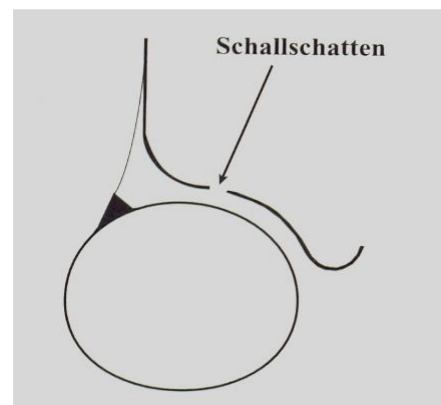
#### 1.6 Definition of the turning Point / Bony rim 骨性臼蓋嘴の定義

Bony rim(骨性臼蓋嘴)は骨性臼蓋の凹面の最外側点である。簡単に言えば骨性臼蓋嘴は凹から凸の転換点である。これは内から外、遠位内側から近位外側への間の転換点を探ることが必須である。骨性臼蓋嘴のちょうど内側に小さなacoustic shadow(音響陰影)がしばしばある。骨性臼蓋嘴は音響陰影の外側の点である。

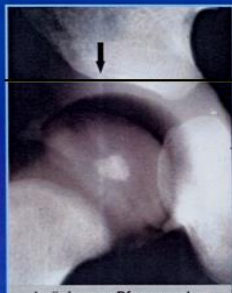
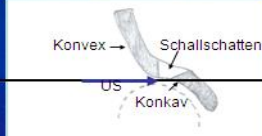

凸←転換点←凹

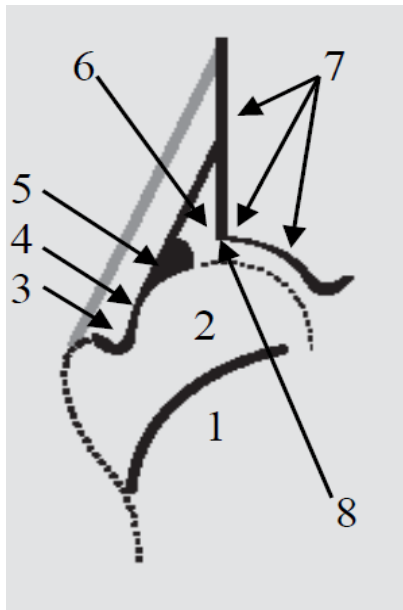


音響陰影



**Konkavität Pfannendach - Konvexität Ilium**

 <p style="font-size: small; text-align: center;">knöcherner Pfannenerker geometrischer Umschlagpunkt</p>	 <p style="font-size: small; text-align: center;">Konvex → Schallschatten US → Konkav</p>
<b>Deskriptions-Befund</b>	
	



### Checklist 1: Anatomical Identification

1. ChB (Chondro-osseous border 骨軟骨境界)
2. Femoral Head (大腿骨頭)
3. Synovial fold (滑膜ひだ)
4. Joint Capsule (関節包)
5. Labrum (関節唇)
6. Cartilage (軟骨性臼蓋)
7. Bony roof (骨性臼蓋)
8. Bony rim (turning point) (骨性臼蓋嘴)

超音波画像を評価するとき、すべての解剖学的構造 (Checklist 1) を正しい順序で識別する。ひとつでも不足していれば診断に使用することはできない。

### 1.7 Perichondrium (軟骨膜)

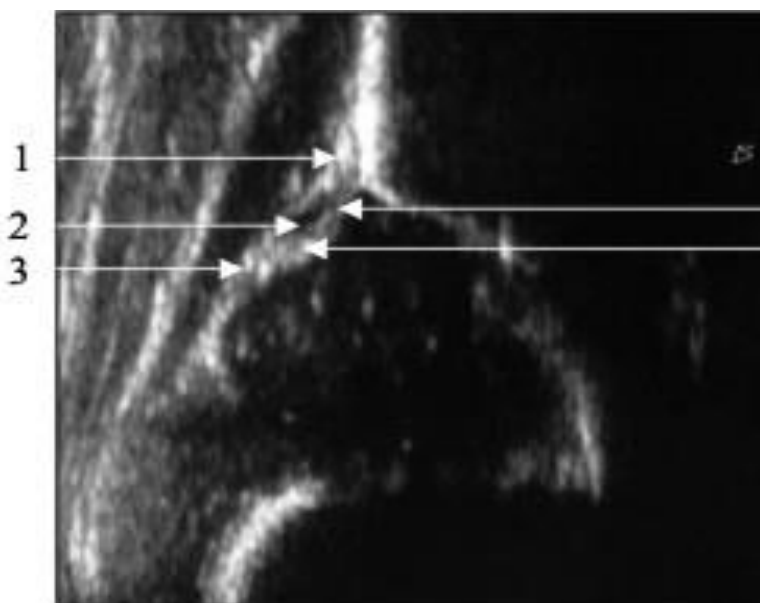
軟骨膜は、硝子軟骨性臼蓋の外側方向の境界線である。近位で腸骨の骨膜に付着し、遠位では関節包に付着する。軟骨膜の遠位部分はかなり薄く、ほとんどエコーがなく描出されにくい。股関節超音波検査で"perichondrial gap"と呼ばれる。近位軟骨膜は比較的厚く、強いエコーがあり、"proximal perichondrium" (近位軟骨膜) と呼ばれる。

"Perichondrial gap" と "Proximal perichondrium" という用語は股関節超音波検査のみに使われる。

この二つの用語は、高解像度の超音波だからこそ見ることができる精密な解剖学的構造により定義される。

**Proximal perichondrium**は、大腿直筋腱反回頭 (reflected head)、脂肪沈着した関節包、軟骨性臼蓋の軟骨膜から構成されるエコーの複合体である。

**Perichondrial gap**は、大腿直筋腱近位端と坐骨大腿靭帯 (Ischio-femoral ligament) からの強いエコーと、遠位関節包と軟骨膜からのかすかなエコーのインピーダンス違いの結果である。



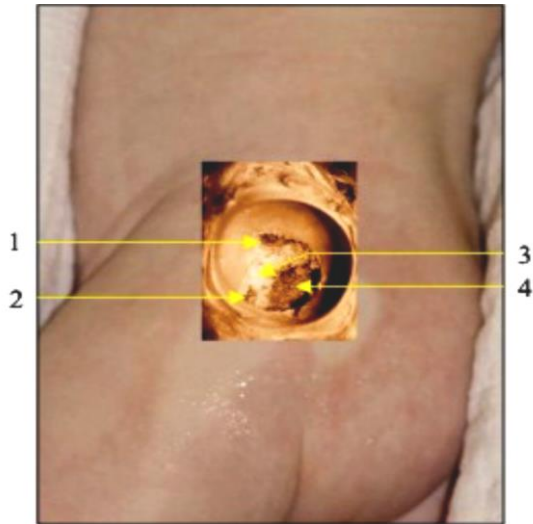
- 1 大腿直筋腱反回頭
- 2 脂肪を含む関節包の終点
- 3 坐骨大腿靭帯
- 4 軟骨性臼蓋の軟骨膜
- 5 関節唇

## 2. Usability check(超音波画像の適正判断)

股関節超音波を再現性のあるものにするために標準断面像の確立が必要である。断面像には、3つのランドマークが必要である。

### 2.1 Lower limb of Ilium(腸骨下端)

腸骨下端は寛骨臼窩の骨の一部である。これは筋膜には覆われておらず、超音波検査で下端は寛骨臼の中央で強いエコーを出す。それは、寛骨臼のほぼ中心であり、したがって、骨性臼蓋を通る断面の回転軸である。寛骨臼窩は腸骨、恥骨、坐骨の3の骨で構成されている。3つの骨はY軟骨によって結合されている。



1. Lower limb of the Iliac bone(腸骨下端)
2. Pubic bone(恥骨)
3. Triradiate cartilage(Y軟骨)
4. Ischial bone(坐骨)

超音波検査で腸骨下端(関節の央)を、常に最初に探す。腸骨下端が超音波画像内で欠落している画像は、関節の中心を通過していない断面であり、診断に使うことはできない。

**NO CURE WITH HIP SONOGRAPHY  
WITHOUT A LOWER LIMB  
股関節超音波検査で腸骨下端なしでは  
治療できない**

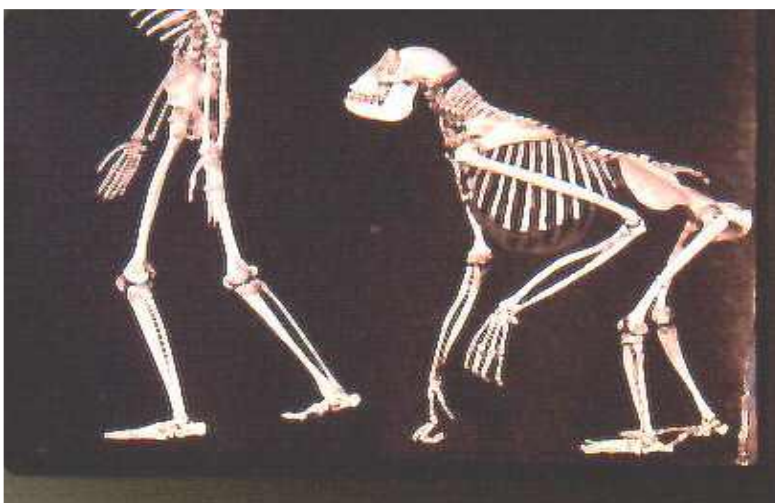
例外: 大腿骨頭が後上方に脱臼した非求心性関節で標準断面からずれている場合は、腸骨下端が見えない場合がある。

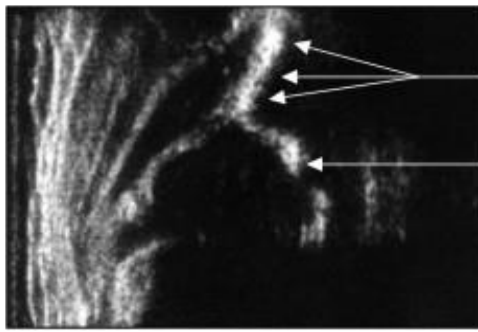
### 2.2 Cross sections(股関節断面)

寛骨臼の後方部分は、中間・前方部分よりもよく発達している。これは四つ脚歩行から直立歩行に進化し、骨盤が回旋したことから説明できる。

超音波画像が骨性臼蓋の前部・中央部・後部の断面を見ているかを識別するために、最初に腸骨下端を見つけることが最も重要である。同じ股関節の骨性臼蓋部を比較すると、後方部がより良く発達し、中央部や前部より大腿骨頭よりカバーしている。

骨性臼蓋の中央部は、特に直立位で体重を支える部分であるため、骨性臼蓋を分類する場合、中央部(正中)を妥協点として設定したとしか言えない。

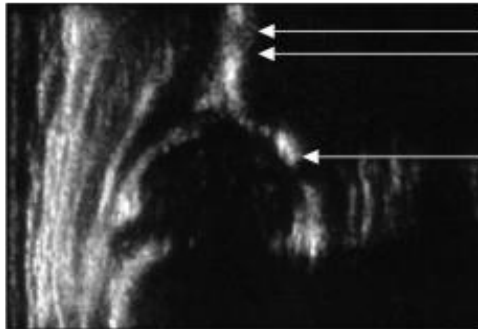




1 後方部断面は、腸骨の窪んだ輪郭(殿筋窩の凹部)によって識別される。

2

1. 後方断面像(腸骨は窪んだ形状)
2. 腸骨下端

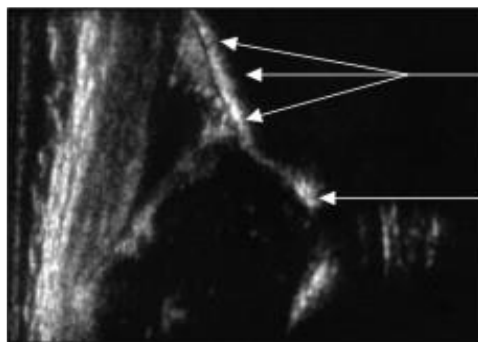


1 中央部断面において、腸骨外縁の輪郭は直線でモニターのカに平行である。

骨性臼蓋の中央部の正確な定義は、プローブを後部から前方に回転させると腸骨の輪郭が直線になる点である。

2

1. 骨性臼蓋中央の断面像(腸骨は直線状)
2. 腸骨下端



2 前方部断面は、プローブに向かって傾斜する腸骨外壁の輪郭によって識別される。

1

1. 腸骨下端
2. 前方断面像(腸骨外縁はプローブに向かって傾斜する)

中央断面の画像だけを診断に使用すべきである。

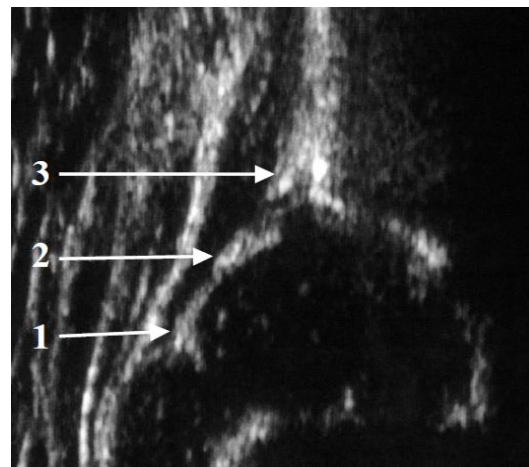
例外: 後上方に脱臼している非求心性股関節は、診断できるかもしれないが、測定をしてはならない。(後述)

### 2.3 Labrum(関節唇)

腸骨下端と中央断面が正しければ、関節唇は常に描出されている。非求心性の関節では、関節唇を見つけることが困難な場合がある。しかし、関節唇の位置を見つけるための4つの定義を使えば、常に位置する決めることが可能である。

超音波上、寛骨臼関節唇はしばしば次の組織と間違われる。

1. Synovial fold(滑膜ひだ)
2. Ischio-femoral ligament(坐骨大腿靭帯)  
(関節唇は常にこのエコーの内側にある)
3. Proximal perichondrium(近位軟骨膜)



#### まとめ

3つのランドマークがある断層画面だけが診断可能である。

1. Lower limb of the Ilium(腸骨下端)
2. Cross section through mid portion of the bony roof(骨性臼蓋の中央断面像)
3. Acetabular Labrum(寛骨臼関節唇)

### 3. Classification of types (タイプ分類)

超音波分類は、大腿骨頭の脱臼の高さではなく、病的変化に基づいて行う。また年齢と 관련된骨性臼蓋と軟骨性臼蓋の分類を行う。

#### 3.1 Type I



股関節は完全に成熟している。

説明: 骨性臼蓋がよく発達して(良好)、骨性臼蓋嘴は、鋭角または鈍角で、軟骨性臼蓋が大腿骨頭を覆っている。Type I は生後3カ月の終わりまでになるべき関節である。

Type I に「正常な関節」という用語は、Type II でも正常かもしれない II a+が存在するため使ってはならない。Type I は以下を除いて Type I である。

- 例外
1. 誤った初期診断:それは決してType I ではなかった
  2. 神経筋疾患
  3. 関節液(股関節炎による膨満脱臼)
  4. 二次性股関節形成不全

初期治療された脱臼関節は、Type I になるものがあるが、これら例外のケースでは、脱臼中に骨性臼蓋にかかる剪断力によって骨端線が損傷し、結果として軟骨内成長が停止する可能性がある。さらなる成長の間に、初期の一次的「治癒」は起こる場合があるが、その後骨化が停止し、二次的な形成不全が発生する。治療を行った股関節は、成長が終了するまでその後も経過観察する必要がある。

#### 3.2 Type II



これもType I 同様、求心性が保たれた関節である。骨性臼蓋と軟骨性臼蓋が大腿骨頭を良くカバーしている。しかし、骨と軟骨の間の割合は、より多くの軟骨性部分と少ない骨性部分でType I とは異なる。

説明: 軟骨性臼蓋が不足(deficient)している II a- / II b または十分(adequate)な II a+は、骨性臼蓋嘴が丸みを帯びている。そして type I と比較して、軟骨性臼蓋が大きい、しかし大腿骨頭は良くカバーされている。

「不足」と「十分」との違いについては「5 Description(説明)」を参照すること。

#### 3.3 Type III

##### 非求心性関節(Decentred joint)



説明: 骨性臼蓋は形成不良; 骨性臼蓋嘴は平坦化、軟骨臼蓋は頭側に押され変位する。大腿骨頭は形成不良な骨性臼蓋によって変位し、脱臼の経過中に軟骨性臼蓋の大部分を頭側で上方に押し上げる。軟骨性臼蓋のごく一部は尾側で下方に押される。非求心性の股関節のうち、超音波画像で軟骨性臼蓋の軟骨膜が、大腿骨頭から、頭側で上向きになった場合、Type III である。

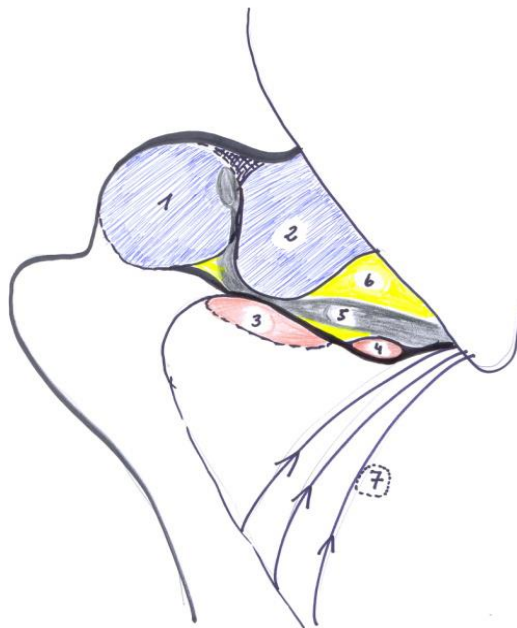
#### 3.4 Type IV

##### 非求心性関節(Decentred joint)



Type III と Type IV と区別は、大腿骨頭が軟骨性臼蓋を尾側(原臼蓋の方)に完全に押し下げて変位している。

超音波画像で軟骨膜は、水平または垂れ下がる。(矢印を参照)。大腿骨頭の上に軟骨は見られない。



#### Type IV Pathological Anatomy

- 1 Femoral head (大腿骨頭)
- 2 Cartilage (軟骨性臼蓋)
- 3 Iliopsoas (腸腰筋)
- 4 Transverse Ligament (横靭帯)
- 5 Capital femoral (Teres) ligament (大腿骨頭靭帯)
- 6 Fat (脂肪組織)
- 7 Adductors (内転筋)

超音波検査ではTypeⅢとTypeⅣは、関節唇の位置ではなく、軟骨膜の方向によって区別する。(上向きはTypeⅢ、水平または垂れ下がりはTypeⅣ)

**Limbus:** 「リムス」という用語は合意された定義がないため、使ってはいけない。リムスは時々、関節唇の意味で使われ、時には関節唇+軟骨性臼蓋として使われ、あるいは、尾側に押された軟骨部分が”neolimbus”と言われるので、軟骨性臼蓋だけとして使われることもある。したがって、リムスは解剖学的構造に問題なく割り当てることはできない。時代遅れの歴史的な用語である。

## 4. Standards of Reporting (標準的なレポート)

### 4.1 超音波画像の形式

- a) 名前 b) 誕生日 c) 左右の記載 d) 左右2枚ずつの標準断面画像
- e) 計測線を引いた左右1枚の画像 f) 1.7:1の倍率スケール

### 4.2 標準的レポート

- a) 名前 b) 年齢 c) 予備的なタイプ診断
- d)  $\alpha / \beta$  の角度測定と最終的なタイプ診断 e) 治療結果

## 5. Description (説明)

検査する人は誤った角度計測による誤診をなくすために手助けとして、骨性臼蓋と軟骨性臼蓋の視覚的に評価し、常に行う。臼蓋の構造は重症度によって記載する。この標準化された用語は、長年にわたって有用である。骨性臼蓋と軟骨性臼蓋の形を記述する。

**骨性臼蓋 (Bony roof):** 良好(good) 十分(adequate)/不十分(deficient) 不良(poor)



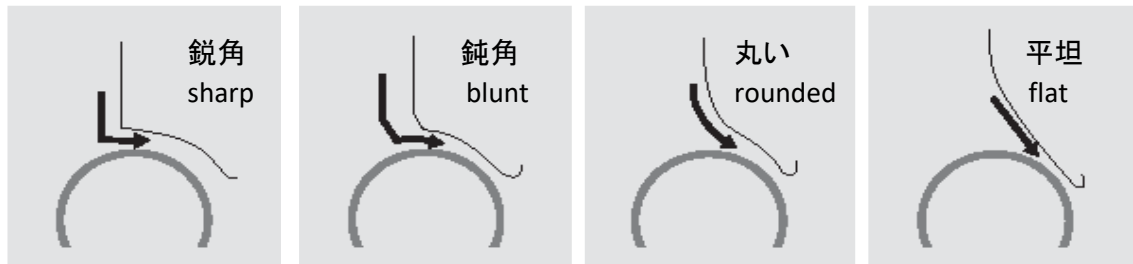
### 用語の解説

不十分 (deficient): 成熟遅延したType II の関節を言う。

骨化遅延 (Delayed ossification) これは不十分な骨性臼蓋で病的状態である。

十分 (adequate): 生理的には未熟だが年齢相応な骨化と発達を認めるType II の関節を言う。

**骨性臼蓋嘴(Region of Bony rim):** 鋭角 (sharp) / 鈍角 (blunt) 丸い (rounded) 平坦 (flat)



**軟骨性臼蓋 (Cartilaginous roof):**

**被覆 [Overlapping (COVERING)]:** この用語は求心性の保たれた股関節 (Type I・II) に使われ、軟骨性臼蓋が尾側で大腿骨頭を覆い、臼蓋内への骨頭保持を助けることを意味する。

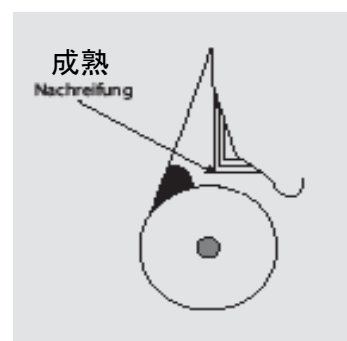
**変位 (Displaced):** 非求心性股関節の同義語である。大腿骨頭が軟骨性臼蓋を変形させる。

**二次骨化 (Secondary ossification):**

Type II において、まだ骨化していない軟骨性臼蓋は広く、最終的に Type I になるために骨化しなければならない。この硝子軟骨の骨への変化は大腿骨頭核の骨化と同様に進行する。すなわち早期骨化で骨に隣接した硝子軟骨にエコーがでるようになる。これらのエコーは「二次骨化」に分類される。大腿骨頭核のエコーと同様に二次骨化のこのプロセスはX線より超音波で4~8週間早期に見られる。

そのためX線と超音波は同じ日として、比較できない。二次骨化は骨性臼蓋がまだ不十分 (deficient) または十分 (adequate) であっても、骨性臼蓋嘴が鋭角の形になる。

二次骨化は求心性の保たれた股関節に出現する。



Type	Bony roof	Bony rim region	Cartilage roof
I	good	angular / blunt	covering
II	deficient / adequate	round	covering
III	poor	flat	displaced upwards
IV	poor	flat	displaced downwards
EXCEPTION Type II with ossification	deficient / adequate	angular	covering

**6. Measurement Technique (計測法)**

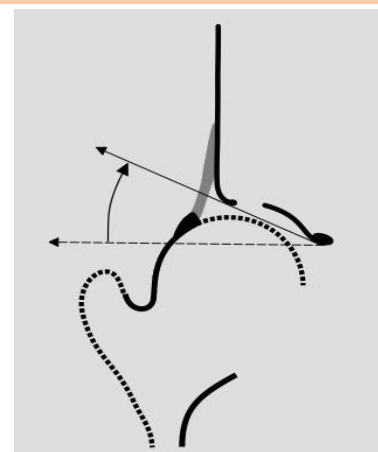
計測は標準断面である画像だけで行われなければならない。

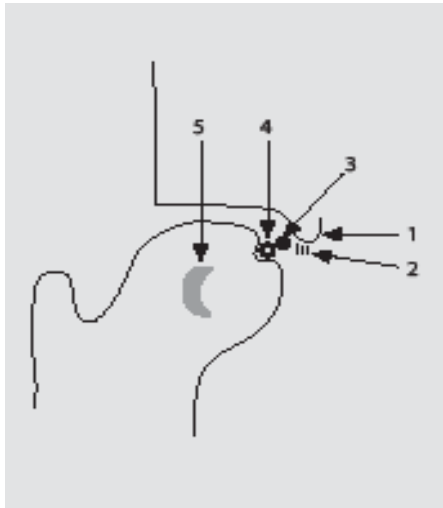
**6.1 骨性臼蓋線 (Bony roof line)**

腸骨下端をピボットポイントとして、そこから骨性臼蓋に触れる接線を引く。(必ずしも骨性臼蓋嘴を通る線ではない)

腸骨下端は明確かつ正確に決める必要がある。このために以下の解剖学的基準が不可欠である。

腸骨下端の下はほとんど無エコーのY軟骨である。Y軟骨のエコーは洞様毛細血管 (sinusoids) に一致する。これらは腸骨下端の直下に時々あり、腸骨下端の一部としてみてはいけない。腸骨下端の外側で寛骨臼窩を脂肪と結合組織が覆う。

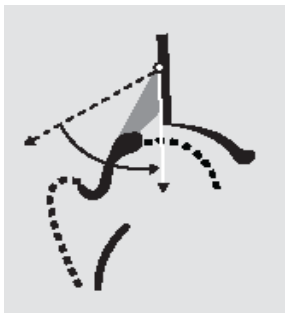




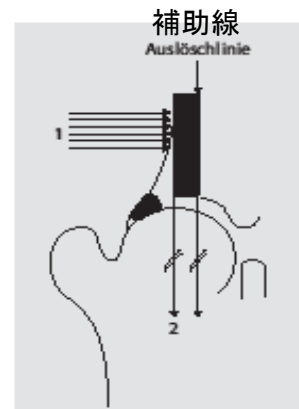
**大腿骨頭靭帯[Femoral Capital (Teres) Ligament]:**  
この靭帯は寛骨臼切痕を起源に、大腿骨頭窩で終わる。

1. 腸骨下端 (Lower limb Ilium)
2. 洞様毛細血管 (Sinusoids)
3. 脂肪組織 (Fatty tissue)
4. 大腿骨頭靭帯 (Capital femoral ligament)
5. 大腿骨頭核 (Femoral head nucleus)

## 6.2 基線 (Base Line)

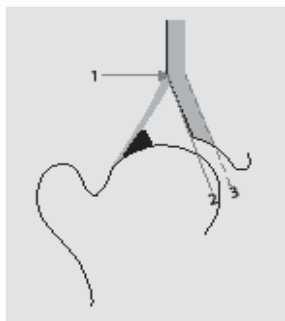


まず軟骨性臼蓋の最上点を見つける必要がある。それは超音波で近位軟骨膜のエコーが腸骨(外縁)からのエコーと一致する点である。解剖学的には、大腿直筋腱が腸骨に付着する点である。軟骨性臼蓋の最上点を起点として腸骨(外縁)に沿って引かれる。



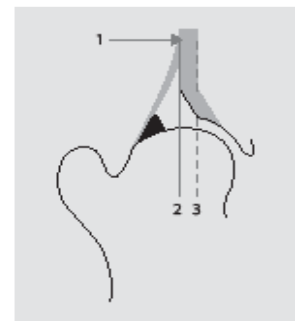
補助線 (Auxiliary base line)

超音波画像が明瞭でない場合、最上点を正確に確認されない場合、ARTEFACT LINE (補助線)を使う。

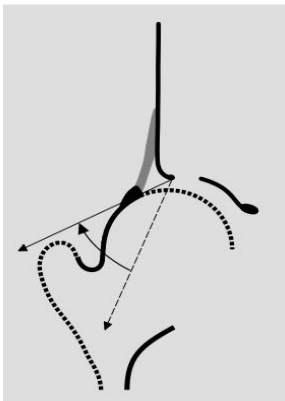


- 1 uppermost point (軟骨膜付着部)
- 2 base line (基線)
- 3 auxiliary line (補助線)

**基線と骨性臼蓋線のなす角が $\alpha$ 角である。**



## 6.3 軟骨性臼蓋線 (cartilage Roof Line)

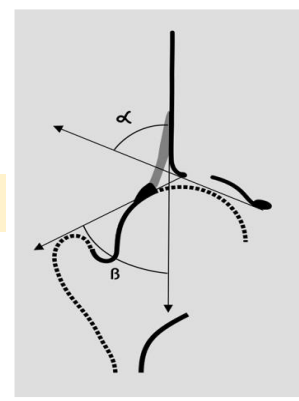


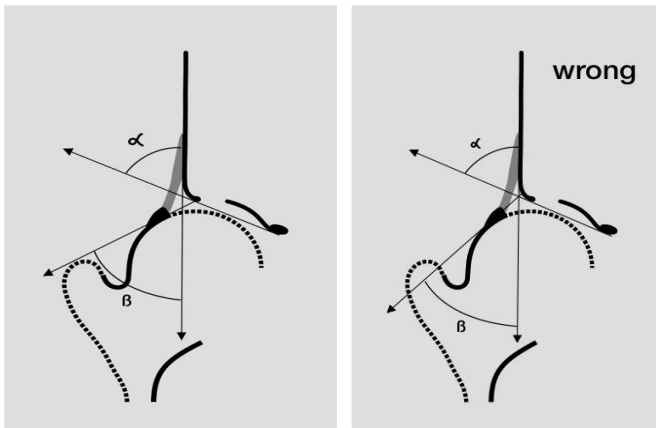
軟骨性臼蓋線は骨性臼蓋嘴(凹と凸の転換点)から関節唇の中央にひかれる。関節唇の中央とはエコーでの最も強いところである。

**軟骨性臼蓋線と基線のなす角が $\beta$ 角である。**

この3本の線は骨性臼蓋嘴が鋭角の時だけ一点に交差する。

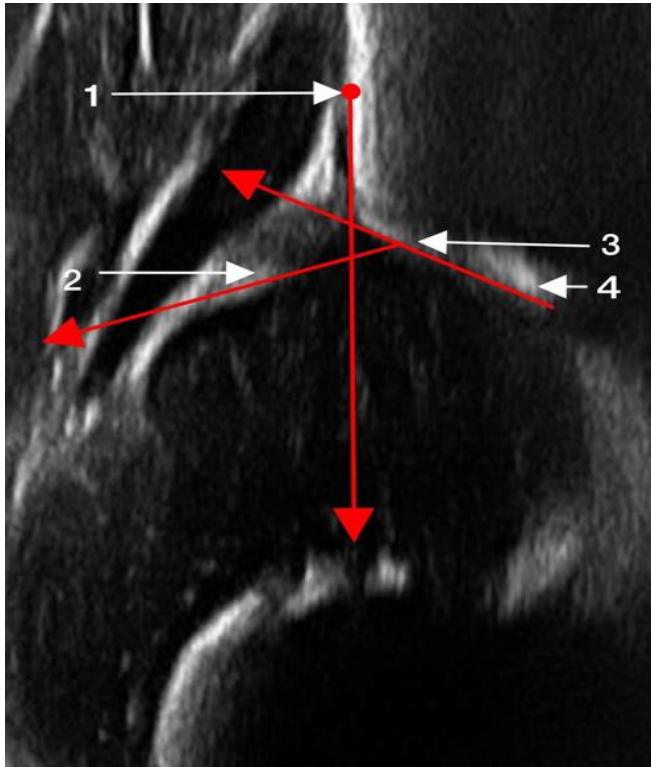
$\alpha$ 角は骨性臼蓋のサイズの評価となる。 $\beta$ 角は軟骨性臼蓋のサイズの評価となる。





3本の線は滅多に一点に交差はしない。

もし、3本の線が一点に集まっている場合、おそらく骨性臼蓋嘴の識別が間違っている。



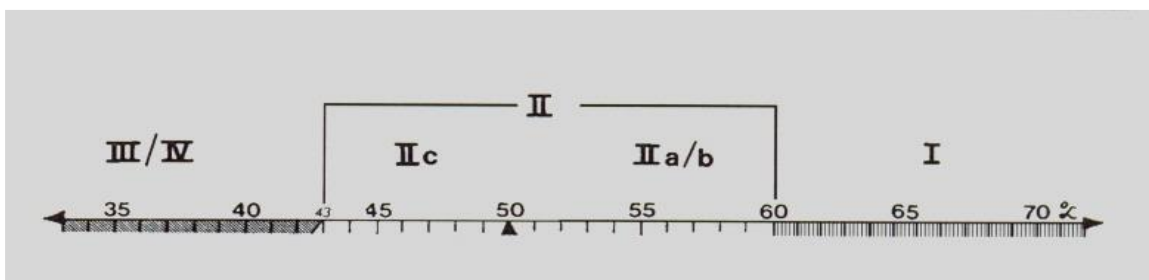
1. 軟骨性臼蓋の最上位点  
(軟骨膜附着部)
2. 股関節唇
3. 骨性臼蓋嘴
4. 腸骨下端

## 7. Fine differentiation of Types / Sonometer(詳細なタイプ分類/ソノメーター)

すべての股関節タイプの $\alpha$ 値と $\beta$ 値を整理すると、ソノメーターと呼ばれる表が作成される。この表を使用すると、股関節の年齢と相関するすべての成熟段階、すべての $\alpha$ 値と $\beta$ 値を分類することができる。

### 7.1 $\alpha$ 値(Alpha value)

もし $\alpha$  値がライン上にプロットされた場合、大きく3つに分けられる。



1. Right section :  $\alpha$ 角  $\geq 60^\circ$  = Type I
2. Middle section:  $\alpha$ 角  $43 \sim 59^\circ$  = Type II
3. Left section :  $\alpha$ 角  $< 43^\circ$  = Type III/IV

### 7.1.1 Type II の詳細な分類

Type II の股関節はすべて求心性の保たれた股関節である。

#### Type II c (α角 43~49°)

このタイプは重症な臼蓋形成不全を意味する。Type II cに分類されたらストレステストで、関節が安定か不安定か確認を行う必要がある。

#### TYPE II a (α角 50~59°)

生後3カ月以内の若い股関節だけが該当する。Type II aはII a+ とII a- に分けられる。

#### Type II a+

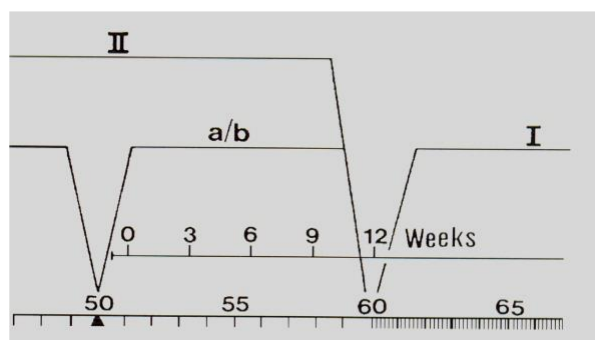
出生後の3カ月では股関節の成長は指数関数的で、それは直線的成長よりも急速である。出生時のα角の最小成熟角度はα=50°。α角は出生時に50°の場合、生後3カ月末までに、Type I (α=60°)まで成熟できる。股関節が週齢とともに期待される最小の成熟に達するか、それを上回ればType II a+である。Type II a+は生理的に未熟だが、週齢に達しているので正常である。Type II a+は生後3カ月末まで存在する。

#### Type II a-

股関節が週齢とともに期待される最小の成熟に達していない場合Type II a-であり、治療を要する。生後3カ月末の以前に成熟が(病的に)遅延している股関節である。生後6週以前にType II a+とType II a-の区別はできない。

#### Type II b (α角 50~59°)

生後3ヶ月以後の股関節に存在する。この関節は形成不全の関節である。

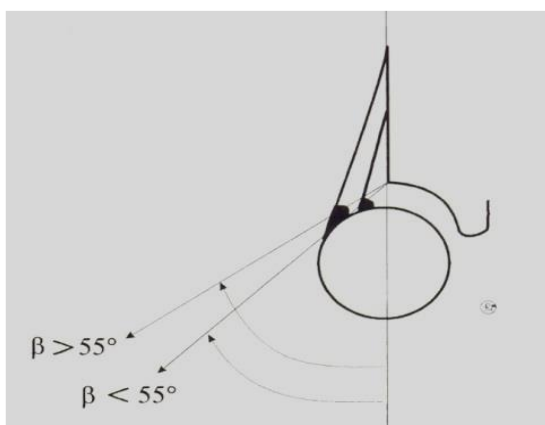


IIa+とIIa-の鑑別における生後12週までのα角と年齢の相関

## 7.2 β 値 (Beta Value)

軟骨性臼蓋の広範な正常変化と軟骨性臼蓋線の不正確なエンドポイントのため、β角はα角よりも統計的な変動が大きくなる可能性がある。

### 7.2.1 Type I aとType I b



α角は60°より大きく、成熟した股関節で骨性臼蓋の被覆も同じであるが、軟骨性臼蓋は大きく異なる。β角が小さいと軟骨性臼蓋は広く骨頭をカバーし、β角が大きいと軟骨性臼蓋は短い。

β角が55°より小さいType Iは軟骨性臼蓋が大腿骨頭の尾側まで広くカバーする。これらの関節はType I aである。

β角が55°より大きいType IはType I bに分類される。Type I a, I bとも良い関節で正常の範囲である。

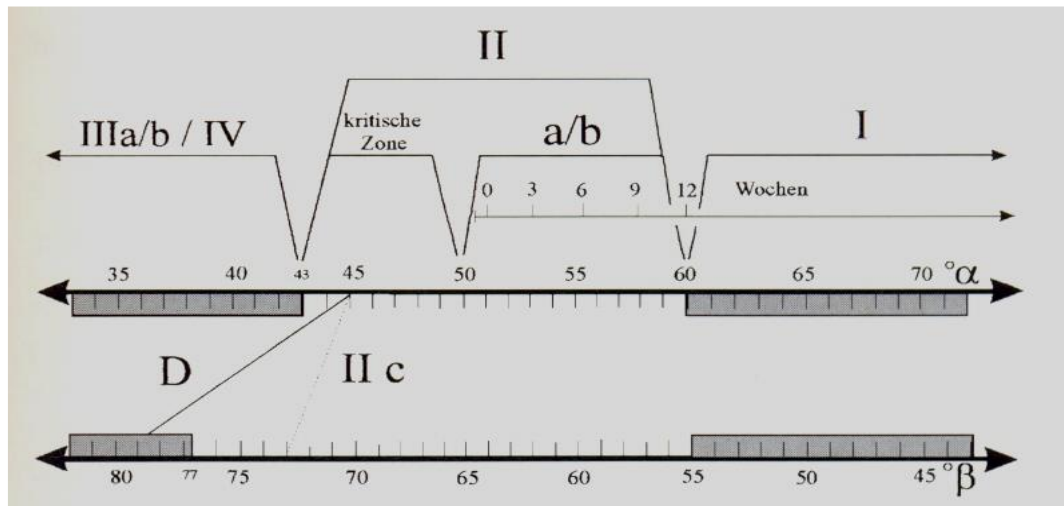
Type I aとType I bは成熟した股関節のバリエーションである。Type I bの股関節はType I aよりもはるかに多く見られます！仮説：I aとI bは、若い成人のインピンジメントや関節唇損傷に関係している可能性がある!?

## 7.2.2 Type D

Type II c の股関節は、大腿骨頭が臼蓋の外に移動を始めるかもしれないほど形成不良な骨性臼蓋である。軟骨性臼蓋の頭側への変位は、 $\alpha$ 角に変化がなくても発生する（骨性臼蓋は変化しない）。しかし、軟骨の変位により、 $\beta$ 角は増加します。 $\alpha$ 角が II c の範囲 ( $43^\circ < \alpha < 49^\circ$ ) にある股関節の  $\beta$ 角が  $77^\circ$  より大きくなれば、Type D に分類される。

Type D はその股関節が求心性を失い初めたことを示す。これらの股関節は、求心性を保っている Type II と分類されるべきでないため、Type II D としてはならない。

Type II c  $\alpha$ 角  $43 \sim 49^\circ$  ;  $\beta$ 角  $< 77^\circ$   
 Type D  $\alpha$ 角  $43 \sim 49^\circ$  ;  $\beta$ 角  $> 77^\circ$



ソノメーターによる type II c と type D の違いを示す図

## 8. Elastic Whipping and Instability

### 8.1 Elastic Whipping (生理的現象)



乳児の股関節は丸でなく、卵形で時に「ナッツ形」とも言われ、生理的不調和は関節内の動きで起こる。

軟骨性臼蓋と関節唇の適合性は回旋・内外転の動きの中で見られる。

これが関節唇と軟骨性臼蓋の "elastic whipping" と言われ十分に成熟した関節で見られる。これを病的な不安定兆候とみてはならない。

同じ "elastic whipping" は、ゆるい関節包でもみられることもある。

### 8.2 Instability (病的現象)



Type II c は規定では超音波的には不安定である。Type II c の関節の多くは、原則として下からの圧迫（ストレステスト）で非求心性（Type D）になることを意味する。「超音波的不安定」とは、この病的な動きを超音波画像やモニターで観察できることを意味する。これは主観的な身体所見と異なり、検査する人のスキルと経験に関係なく、観察することができる。

安定と不安定の区別は、治療上重要である。

すべての非求心性の股関節は本質的に不安定である。

#### 不安定性の定義

Type II c がストレステストで Type D になる場合は「不安定 Type II c」に分類される。

Type II c がストレステストで Type D にならない場合は「安定 Type II c」に分類される。

**重要:すべての股関節は、ストレスをかけない状態で分類される**

例えばType IIIはストレスでType IVに変わる。これは最終的にストレスなしでのType IIIに分類される。もちろんType Dの股関節も、ストレスなしの安静時にも見ることはある。

無害な "elastic whipping" がいつ病的な不安定性に変わるのか？

答え:  $\alpha$ 角が $50^\circ$  以上、例えば骨性臼蓋が比較的良好であれば無害である(たとえ $\beta$ が $77^\circ$  以上でも)。

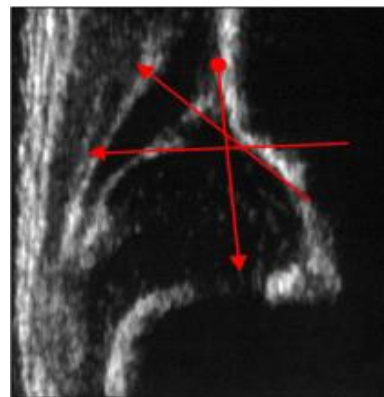
$\alpha$ 角が $50^\circ$  以下という骨性臼蓋が形成不良な状態ではType II cに分類されるが、ストレスで非求心性( $\beta$ が $77^\circ$  以上)にすることができたとき、これは病的不安定性である。



生後6週の左股関節  
 $\alpha$ 角  $46^\circ$   $\beta$ 角  $75^\circ$   
Type II c  
安定型? 不安定型?



検査の次のステップは、ストレステスト:下肢を優しくつかんで後頭側に押し上げる



同じ股関節のストレステスト後  
 $\alpha$ 角  $46^\circ$   $\beta$ 角  $92^\circ$   
Type D  
最終分類は「不安定Type II c」

## 9. Scanning technique (走査法)

腸骨下端、正しい断面(腸骨外縁が平行)、そして関節唇は、同時にスキャンにされなければならない。これらの3つの構造はそれぞれ非常に小さく、わずか数mmの空間の中に存在しています。難しいのは必須の構造のうちの一つだけが描写されない場合が多いことである。この問題は、スピードが重要な要素となる綿密なスキャン技術によって解決できます。スキャン技術は人形を使って練習する必要があるが、経験とやスキルとは関係ない。

### 9.1 検診台とプローブ・ガイド・システム

迅速かつ正確な検査を行うためには、乳児の標準的なポジション、及び標準走査技術が必要とされる。検診台とプローブ・ガイドの組み合わせは非常に有効であることが証明されています。両方を併用することで、乳児股関節のスキャンが非常に容易になり、スキャン時間を数秒に短縮し、精度を大幅に向上させる。

乳児を正しくポジショニングして、プローブ・ガイド・システムを用いることにより傾きによるエラーは事実上なくなる。

### 9.2 超音波検査に際しての準備

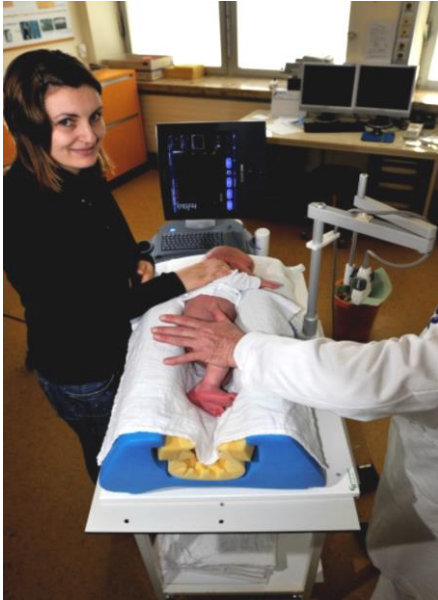
ヒント:乳児を連れた母親が診察室に入る前に、超音波診断装置に患者の全情報を入力しておかなければならない。母親や付き添い達は、動揺していることが多い。明確な指示は、混乱を最小限に抑え、冷静さと信頼感を伝えるのに役立つ。診察室には、乳児の服を脱がせることができるテーブルを用意しておかなければならない。診察室の外に、乳児の服を脱がせ、必要に応じて清潔にすることができるおむつ交換用のテーブルがあれば、さらに良いであろう。患者の所有物である書類、哺乳瓶、バッグなどは診察室のテーブルに置いてもらう。このテーブルはまた身体診察にも使用できる。超音波検査には、さらに別のテーブルが必要である。検査者がGraf検査台のクッションに前腕を楽に置けるように、このテーブルの高さを調節する。検査は立った姿勢で行うべきである。

### 9.3 母親のガイド

検査する人は検診台の前に立ち母親を迎え、母親に診察テーブルを見せる。ここで母親はオムツを変えたり、バックを置いたりできます。それから検査台の前に来てもらい母親から乳児を受け取って、右上の側臥位に寝かせる。そして母親の右手で乳児の肩を押さえて乳児が脚を引くのを防いでもらう。

### 9.4 超音波検査手順

#### 9.4.1 右股関節



##### ステップ1

検査者の左手は膝が上に向かないように、右脚をやや内向き/内転におさえる。母親の手は乳児の右肩の上に置く。



##### ステップ2

右手でジェルチューブをとって乳児の肌に直接塗り、チューブを戻す。プローブに直接ジェルを塗らない。



##### ステップ3

母指、示指と中指を大転子に置く(閉じて)。母指を前に示指、中指を後ろに置く。



ステップ4  
上からプローブを入れ、プローブは指を離すように押す。



ステップ5  
プローブは検診台に平行に股関節の上に垂直に置く。検査する人の両前腕は検診台の土手部分でサポートされる。

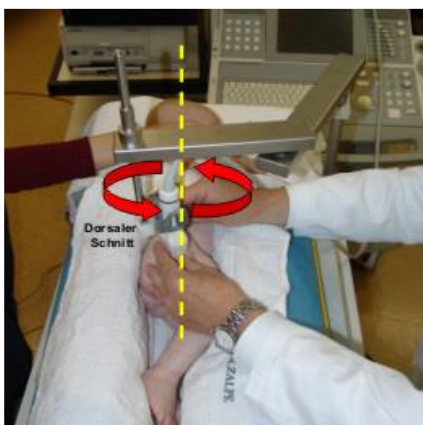
### 画像の描出操作



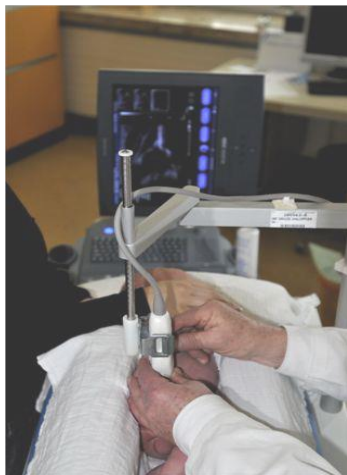
ステップ1  
プローブを大転子の上で検診台と平行に動かす。検査する人はモニターを見て「前、後ろ、前、後ろ」と動かして股関節を探す。



ステップ2  
股関節を見つけたら腸骨下端を見つけるために動かす範囲は小さくなる。腸骨下端を見つけたらすぐにフリーズする。プローブ動かしかたは「より小さく、もっと小さく、さらに小さくストップ」の感じ。腸骨下端だけに集中することは重要である。下端が出たらすぐにフリーズする。



ステップ3  
フリーズしたら骨性臼蓋の断面像を確認する。もし、断面が違っていたらプローブを見ながら再検する。ヒント：標準断面像を出すためにプローブを回転させてもう一度下端を探す。腸骨下端と正しい断面が出たら関節唇は自動的に出るので検査は終わる。



プローブの動かし方をまとめると、前方、後方、前方、後方に動かし、そして、動かす範囲を小さくして行って腸骨下端を見つけてフリーズする。もし断面像の修正が必要ならプローブを回転させ、再び同様に前後に走査する。

#### 9.4.2 左股関節



乳児をひっくり返す。検査者の左手を回内して乳児の両足関節を持ち、右手は乳児の左腕を慎重に引っ張る。それで乳児を検診台の上でひっくり返す。



**ステップ1**  
左手を乳児の股関節の上に置き、大転子の上に母指と示指を閉じておく。



**ステップ2**  
乳児の脚に優しく検査者の左前腕を置いて、検診台の土手部分でサポートされる。



右股関節の検査方法。  
前進-後退-前進-後退-小さく-小さく-小さく-停止。必要に応じて:プローブを回転させ、前進-後退-前進-後退-小さく-小さく-小さく-停止。繰り返し...

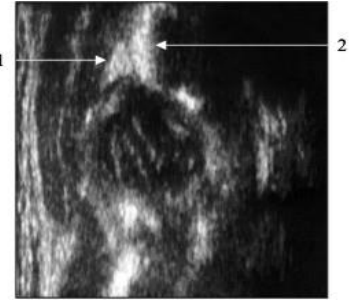
## 10. Tilting errors (プローブ傾斜によるエラー)

異なる組織で音速は変わるので、傾きによっておこる超音波の方向は間違った画像の結果となり、かなりズレを起こす可能性がある。これはセクタースキャンを使うとおこるがリアスキャンを傾けることでもおこり得る。傾きは多くの誤診(過剰診断)につながる。

### 10.1 腹背傾斜 (Ventro-dorsal tilting)



この方向では股関節のような画像が描写される。しかし、軟骨膜と腸骨は幅広く不明瞭で骨性臼蓋の正確な評価が困難である。腸骨は拡大し軟骨膜と骨膜の移行部が見えない。解剖学的識別に問題があり、基線を引くことが難しい。



1.幅広い軟骨膜 2.幅広い骨膜

### 10.2 背腹傾斜 (Dorso-Ventral tilting)



この方向では背側断面のような断面画像が描写される。超音波が股関節の殿窩部を通る。



1.見かけ上の背側断面画像

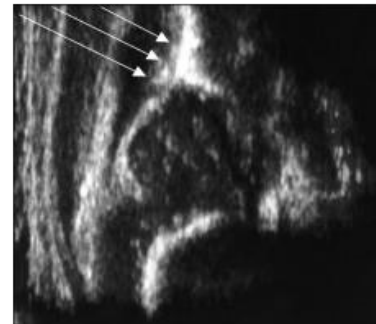
### 10.3 頭尾傾斜 (Cranio-Caudal Tilting)



←頭側

尾側→

超音波が腸骨によってブロックされているため、腸骨下端は見えない。この傾斜エラーは、多くの場合、大転子が非常に触れやすい非常に小さくて痩せた新生児でしばしば見ることがある。



### 10.4 尾頭傾斜 (Caudo-Cranial Tilting)

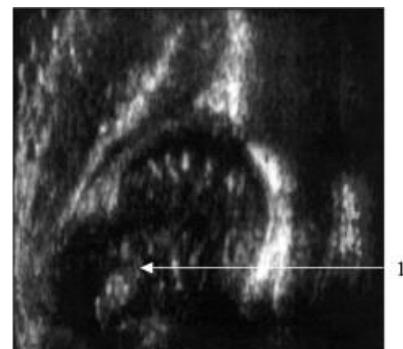
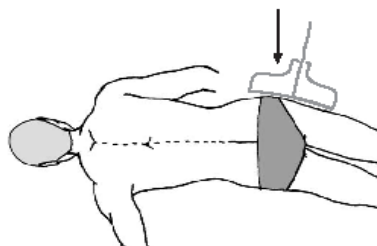
この最も深刻なミスは、いくつかの要因が組み合わさって生じる。

1. 股関節内部での音速の違いと歪んだ入り口のために音波に回折と屈折が起こる。
2. プローブの尾頭傾斜で骨性臼蓋の中央部は後方(背側)断面像のように見える。ここで断面を補正するためにプローブを腹側に傾けると骨性臼蓋の前方(腹側)断面となる。ミスの組み合わせは過剰診断として、最悪の場合、正常の股関節を病的な非求心性股関節にする可能性がある。



←頭側

尾側→



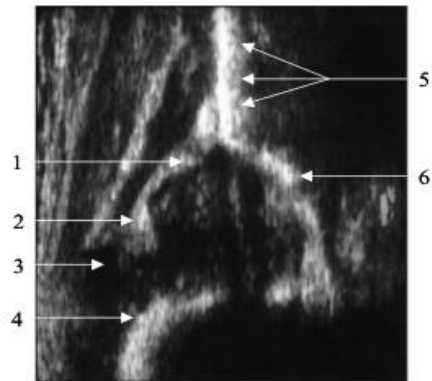
一見病的股関節(次項に同じ股関節の正常像あり) 大腿骨の骨軟骨境界部ChB (1)は見えず、大腿骨頭は細長くなっている。標準画像として受け入れられない(チェックリスト1を参照)。



正しいスキャン方法

しかし、安心なことは、超音波では正常の股関節を異常に見えるようにすることはできるが、異常の股関節を正常に見えるようにすることはできない。

1. 関節唇
2. 滑膜ヒダ
3. 大転子
4. 骨軟骨境界部
5. 腸骨外縁
6. 腸骨下端



## 11. Appendix(付録)

### 11.1 Equipment Requirements(機器の要件)

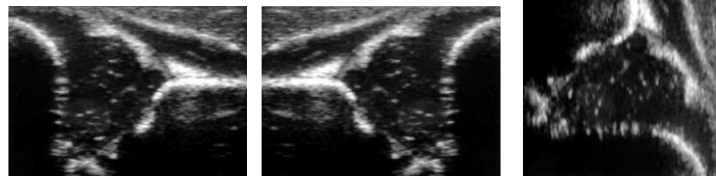
乳児股関節検診には7.5MHz以上のリニアプローブが不可欠である。台形トランスデューサ(偏向角最大10°)を使用してもよいが、利点はない。セクターまたはコンベックス・プローブは歪みで結果的に誤診となるので使用しない。検診台とプローブガイドシステムは推奨される。

### 11.2 Image projection(画像の描出)

超音波検査では、通常、モニター上で頭側が左側にある状態で表示されるべきであるが、頭側が右側にある状態で表示されるべきである。そして可能な限り、すべての超音波画像は、モニタを左へ90°回転して、右股関節のX線画像のAP投影と類似した方法で投影されることが強く推奨される。



←この描出方向が私たちの脳が解釈するのに最も容易です。



↑これらの描出方向は推奨しません。↑

## 12. Recommendation for treatment based on the sonographic types.

### (超音波検査による診断結果に基づく治療の推奨)

最良の診断も、適切な治療が施されなければ意味がない。乳児の股関節は非常に急速に成熟するため(成熟曲線)、診断と必要な治療は生後6週間以内に開始すべきである。現代の治療は、関節の病理学に基づいて行われる。超音波検査によるタイプ分類は、関節の解剖学的状況を反映している。屈曲(100度)+外転(最大55度)の「Flabポジション」、いわゆる「ヒューマン・ポジション」と呼ばれる肢位での治療が必須である。このポジションでは、軟骨性臼蓋の変形の原因となる尾頭方向の剪断力が止まり、軟骨性臼蓋が回復する。

**Result = Diagnosis + Treatment.**

- Type I** 成熟した関節。フォローアップも治療も不要。
- Type II a** (+) 年齢相応。「リスクのある」乳児のみ経過観察  
(-) 骨化遅延。屈曲外転装具(Flab)での治療要
- Type II b** 生後3か月を超える形成不全股。Flabでの治療要
- Type II c** 安定型: 年齢にかかわらず重度の形成不全股。すぐにFlabでの治療  
不安定型: リーメンビューゲル治療(Rb) 推奨
- Type D/III/IV** 非求心性関節: Rb、牽引での整復。最終的にはギプス(Flab位)

### 13. Recommended literature (推奨文献)

1. Graf R, Baumgartner F, Lercher K, Scott S, Benaroya A, (2006) : Hip Sonography. Diagnosis and Management of Infant Hip Dysplasia. Springer ISBN 3-540-30957-8
2. Graf R, Mohajer M, Plattner F: (2013) Hip sonography update. Quality management, catastrophes-tips and tricks. Med Ultrason 15,4: 299-303
3. Tschauer C, Fürntrath F, Radl R, Berghold A, Schweintzger G. (2012) Improved therapeutic outcome of decentred hip joints by early sonographic diagnosis using the Graf technique. OUB 1: 390-393
4. Thallinger Ch, Posposchill R, Ganger R, Radler C, Krall C, Grill F. (2014) Long Term results of a national wide general ultrasound screening system for developmental disorders of the hip: the Austrian hip screening program. J Child Orthop 8:3-10



エアーペコラ  
(Graf法専用エコー台)  
永野義肢  
価格35,000円税別  
[miyabe-po@naganogishi.jp](mailto:miyabe-po@naganogishi.jp)



プローブ・ガイド  
(垂直把持デバイス)  
ただいま製作中！



早期治療用Flab装具  
(Graf-Mittelmeier装具)  
中村ブレイス  
[nakamura@nakamura-brace.co.jp](mailto:nakamura@nakamura-brace.co.jp)

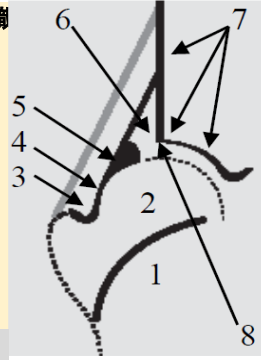
# 新生児・乳児股関節超音波検査

(実施日 年 月 日)

名前 男 年齢 歳 カ月 二次検診推奨項目  開排制限  
 女 生年月日 年 月 日  皮膚溝非対称  女児  骨盤位分娩  家族歴

## ●チェックリスト1(8つの解剖的)

- 1.ChB(骨軟骨境界)
- 2.大腿骨頭
- 3.滑膜ひだ
- 4.関節包
- 5.関節唇
- 6.軟骨性臼蓋
- 7.骨性臼蓋
- 8.骨性臼蓋嘴



ひとつでも不足していれば診断に使用することはできない。

## ●チェックリスト2

(標準画像であるための3つのランドマーク)

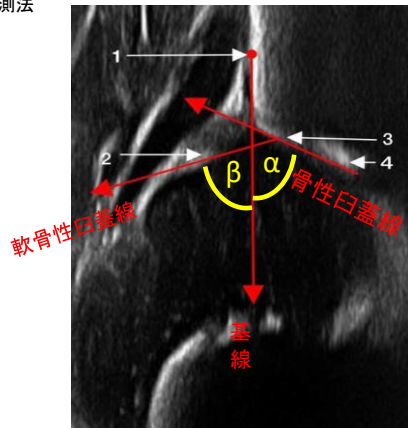
- 腸骨下端
- 垂直な腸骨外縁
- 関節唇

ひとつでも不足していれば診断に使用することはできない。

## ●計測値

	右	左
α角		
β角		
Type		

## ●計測法



1. 軟骨性臼蓋の最上位点(軟骨膜附着部上縁)
2. 関節唇
3. 骨性臼蓋嘴(凹と凸の転換点)
4. 腸骨下端

基線: 軟骨膜と腸骨外縁とが接する点を通り、腸骨外縁と平行な線。  
 骨性臼蓋線: 腸骨下端から骨性臼蓋への接線。  
 軟骨性臼蓋線: 骨性臼蓋嘴と関節唇の中心を結ぶ線。

左図はα角68° β角75° のタイプ I

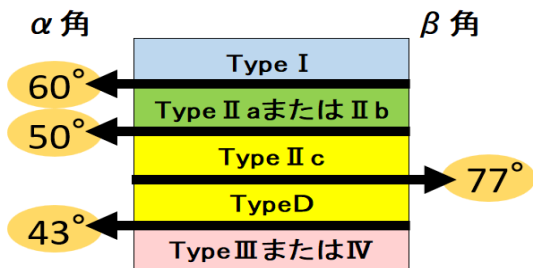
## ●Graf分類

Type	骨性臼蓋嘴の形状	軟骨性臼蓋の形状	α角	β角*2	ストレステストによる不安定性
I 正常股関節	角ばっている または丸みをおびる	幅が狭い よく骨頭を覆う	$\alpha \geq 60^\circ$		
II	II a: 骨性臼蓋の骨化の遅延(生後3か月未満)	幅を増す 骨頭を覆う	$50^\circ \leq \alpha < 60^\circ$	$70^\circ \leq \beta \leq 77^\circ$	安定 II c(ストレステストで II cのまま) 不安定 II c(ストレステストでDに悪化)
	II b: 骨性臼蓋の骨化の遅延(生後3か月以降)	幅が広い ほぼ骨頭を覆う			
	II c: 脱臼危険状態 骨頭が求心性を失った状態	やや平坦化	$43^\circ \leq \alpha < 50^\circ$	$\beta > 77^\circ$	
D (臼蓋の形成不全はType III・IVに比べて軽度)	やや平坦化	骨頭を覆わない			
III	III a: 脱臼(軟骨性臼蓋にエコーが出現しない)	平坦化	$\alpha < 43^\circ$ *1		
	III b: 脱臼(軟骨性臼蓋にエコーが出現する)				
IV 完全脱臼(軟骨膜が平行・下行)		軟骨性臼蓋は骨頭の 内下方に存在する			

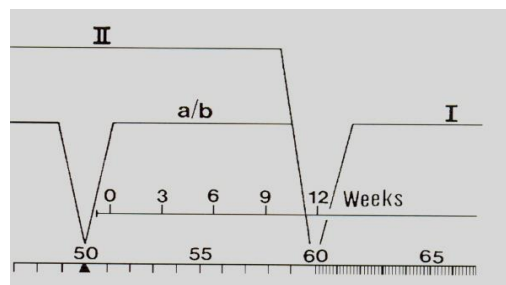
\*1 軟骨性臼蓋が明らかに骨頭の内側にある場合は、α角を計測する必要はない。

\*2 β角はType II cとType Dの判別時のみに用いる。

注 Type Dは脱臼危険股(Decentred hip)の意味で、Type II dではない。



Graf分類で覚える4つの角度



生後3か月未満での週齢での最小α角