


乳児股関節エコーセミナー in 佐賀 2025/10/4-5

1. 超音波の基礎

星野弘太郎（慈誠会 山根病院）

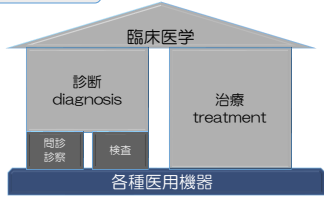


11

さて診断 (diagnosis) とは

医師が患者を診察、検査して疾患名を決定すること

五感を駆使して



12

画像診断装置4大発明

エックス線
1895年

1901年第1回ノーベル物理学賞

超音波
1942年

超音波診断学は1950年代に米国と日本とヨーロッパでほぼ同時に開始された。それぞれ独自に開始されたため、いったい誰が真のpioneerだったのかは特定が難しいため、超音波診断に対するノーベル賞受賞者がいない。

CT
1972年

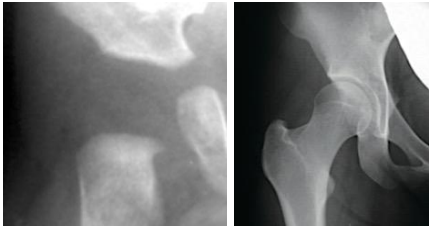
1979年ノーベル医学生理学賞
Hounsfield & Ambrose

MRI
1973年

2003年ノーベル医学生理学賞
Lauterbur & Mansfield


13

残念ながら小児の股関節はエックス線では全て描出できません



14

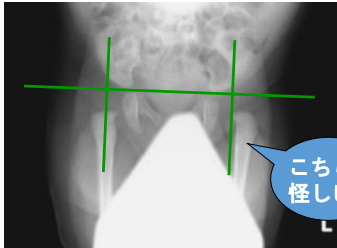
たとえば乳児期のエックス線像で何ができるのか



生後2か月 女児 両股関節正面像

15

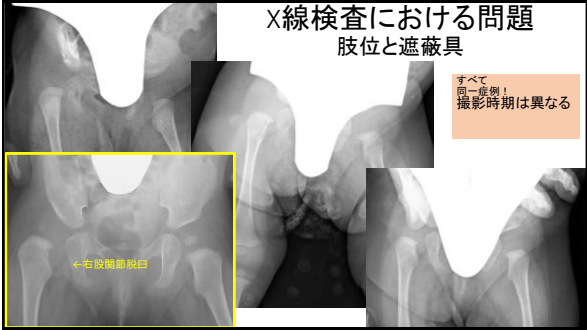
乳児期のエックス線診断はあてにならない



放射線被曝という問題もあります

こちらが怪しい？

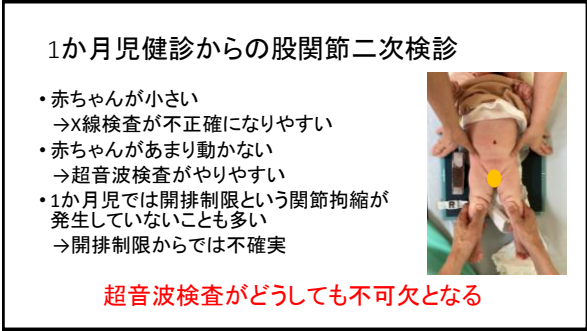
16



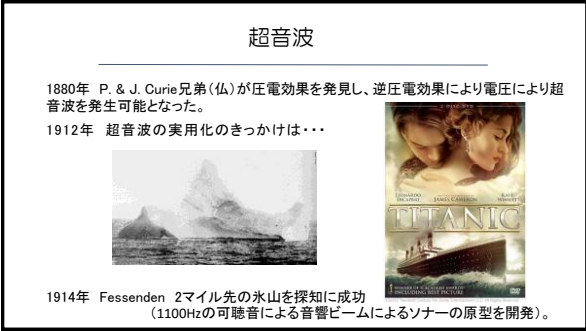
17



18



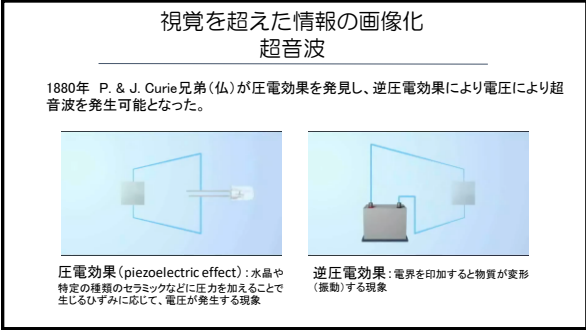
19



20



21



22

さらに視覚を超えた情報の画像化
超音波


医学応用は1942年
Dussikが脳を透過法
で観察

運動器への応用

1958年 Dussikら 皮膚、脂肪、筋、靱帯、関節包、関節軟骨、骨での超音波減衰の計測
Dussik KT. . Am J Phys Med 1958;37:160-5.

1972年 McDonaldらによるBモードでのペーカー囊腫の観察の報告
McDonald D G,et al. Br J Radiol 1972;45:729-32.

1979年 Selzerらによる関節への超音波検査の報告
Selzer SE,et al . Radiology,132:467-468,1979



1980年 GrafらによるDDHへの超音波検査の報告
Graf R. The diagnosis of congenital hip-joint dislocation by the ultrasonic compound treatment.
Arch Orthop Trauma Surg 1980;97:117-33.

23

現在日本で行われているDDH超音波診断

Graf法：側方法

2つの方法があります





鈴木法：前方法

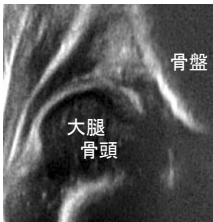
24

スクリーニングに適しているのはGraf 法



骨盤
大腿
骨頭






骨盤
大腿
骨頭


どちらが
脱臼？


25

スクリーニングに適しているのはGraf 法



正常






脱臼


わかりますか？

26

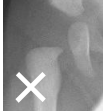
スクリーニングに適しているのはGraf 法



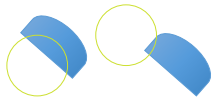
○



脱臼は、臼蓋と骨頭両方が視覚化
されないと判断（診断）できない

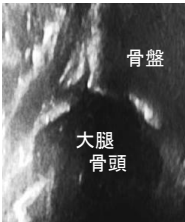


×




27

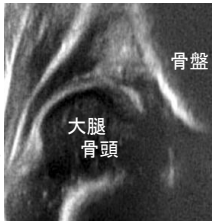
スクリーニングに適しているのはGraf 法



骨盤
大腿
骨頭



直感的にも
わかりますね？



骨盤
大腿
骨頭

正常 脱臼

28

覚えておく必要のある超音波用語

- ①描出モード
- ②周波数
- ③分解能
- ④プローブ (transducer)
- ⑤ゲイン (エコーレベル)
- ⑥デプス (描出深度)
- ⑦フォーカス
- ⑧アーチファクト (多重反射、サイドローブなど)

29

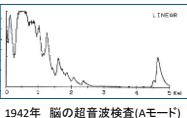
覚えておく必要のある超音波用語

- ①描出モード
- ②周波数
- ③分解能
- ④プローブ (transducer)
- ⑤ゲイン (エコーレベル)
- ⑥デプス (描出深度)
- ⑦フォーカス
- ⑧アーチファクト (多重反射、サイドローブなど)

30

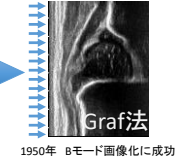
①描出モード

A (Amplitude)モード法
「超音波の反射をブラウン管上に
単なる波形として表示するもの」
(1本のエコービームによる振幅描写)



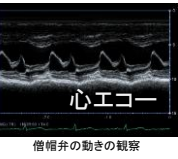
1942年 脳の超音波検査(Aモード)
を行った (Dussik)

B (Brightness)モード法
「超音波の強さを輝度の明るさで
あらわす描写方法」
(複数のエコービームにより2次元描写)



1950年 Bモード画像化に成功
(Howry & Bliss)

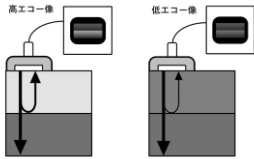
M (Motion)モード法
「動いているエコー源の経時的変化
を描写する方法」



僧帽弁の動きの観察

31

そもそもエコーって何を見てるの？

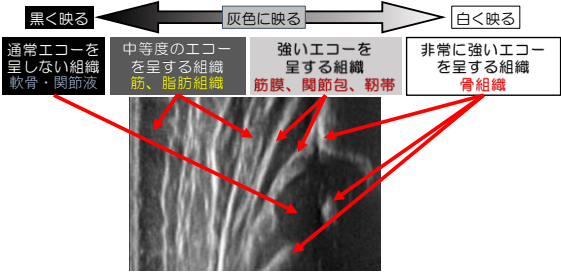


超音波は音響インピーダンスの異なる境界で反射される
音響インピーダンス=触媒の密度×音速

	0	1	2	3	4
1. 空気	330...				
2. 水	1,480...				
3. 脂肪	1,450...				
4. 脳	1,540...				
5. 胃腸	1,560...				
6. 血液	1,570...				
7. 腸管	1,580...				
8. 軟部組織	1,540...				

32

組織により反射波(エコー)が異なる



33

覚えておく必要のある超音波用語

- ①描出モード
- ②周波数
- ③分解能
- ④プローブ (transducer)
- ⑤ゲイン (エコーレベル)
- ⑥デプス (描出深度)
- ⑦フォーカス
- ⑧アーチファクト (多重反射、サイドローブなど)

34

②周波数（1秒間に繰り返される波の数）

人の耳に聞こえる音
=20～20000Hz

犬は65万Hzまで

3～5MHz 周波数低め
→減衰弱く深部まで
（深度10-20cmていど）

5～14MHz 周波数高め
→減衰強く表層のみ
（深度5cmていど）

1MHz=100万Hz

コンベックス型
中心周波数
3.75MHz

リニア型
中心周波数
7.5MHz

ハイエンドのプロープ
では周波数の可変が
可能

35

覚えておく必要のある超音波用語

- ①描出モード
- ②周波数
- ③分解能
- ④プローブ (transducer)
- ⑤ゲイン (エコーレベル)
- ⑥デプス (描出深度)
- ⑦フォーカス
- ⑧アーチファクト (多重反射、サイドローブなど)

36

③分解能

周波数が高いほど

減衰が大きく
浅い観察しか
できない

空間分解能
は高くなる

診断可能深度
25 (cm)
20
10
0

2.5MHz
3.75MHz
5.0MHz
7.5MHz
10MHz

整形外科領域の
診断に有用

リニア型

空間分解能
3 2 1 0 (mm)

分解能=2点を識別できる最小距離

37

③分解能（2点を識別できる最小距離）

1980年代の
超音波画像
「さざ波のとき」
"snowflake" picture

現在の
超音波画像
「MRIのような」

ビームの方向

距離分解能
パルス幅が小さいほど、周波
数が高いほど分解能は高い

方位分解能
ビームを細くするか、フォーカス
を合わせることで向上

38

覚えておく必要のある超音波用語

- ①描出モード
- ②周波数
- ③分解能
- ④プローブ (transducer)
- ⑤ゲイン (エコーレベル)
- ⑥デプス (描出深度)
- ⑦フォーカス
- ⑧アーチファクト (多重反射、サイドローブなど)

39

④プローブ

プローブ	セクター	リニア	コンベックス
		Graf法では リニアしか使わない	
中心周波数	2～7.5 MHz	2.5～12 MHz	2～7.5 MHz
特徴	接地面が小さい、浅い視野は狭いが、深い視野を広く観察できる。	接地面は広い、浅い視野を広く良好な分解能で観察できる。	接地面は広い、浅い視野だけでなく、深い視野も広く観察できる。
対象	心臓、大血管	末梢血管、表在臓器	腹部

40

Graf法で使用するリニアプローブ

リニア 64 素子～256 素子(128が多い)
(セクタは半分くらい)

振動子
・ジルコン酸チタン酸鉛 (セラミック)
・ポリフッ化ビニリデン (高分子圧電膜材料)

2次元のBモード画像(現在のあたりまえの画像)

41

覚えておく必要のある超音波用語

- ①描出モード
- ②周波数
- ③分解能
- ④プローブ(transducer)
- ⑤ゲイン(エコーレベル)
- ⑥デプス(描出深度)
- ⑦フォーカス
- ⑧アーチファクト (多重反射、サイドローブなど)

42

⑤ゲイン＝輝度

30% 70% 100%

暗 ← 乳児股関節では大腿骨頭軟骨を黒に設定 → 明

43

⑥デプス＝描出深度

8cm

深 ← 浅

(Graf法では 4～5cmにセット)

44

⑦フォーカス＝焦点深度

■円形凹面振動子によるフォーカス

■音響レンズによるフォーカス

■ビームのフォーカス

音響レンズによるフォーカスは一定 (3.75MHzコンベックスプローブで6cm) だが、パルスの出し方による電子フォーカスは調節可能。

45

⑦フォーカス＝焦点深度

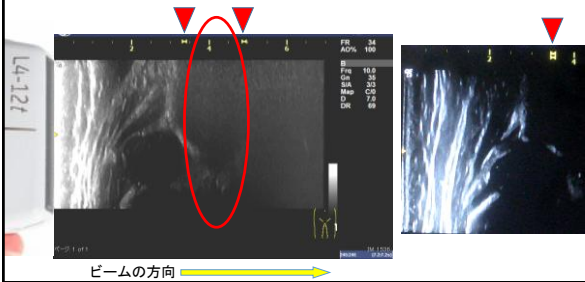
①円形凹面振動子によるフォーカス } 調節できない
②音響レンズによるフォーカス

③電子フォーカス → 調節可能

↑ フォーカス

46

⑦フォーカス（Graf法では3〜4cmにセット）



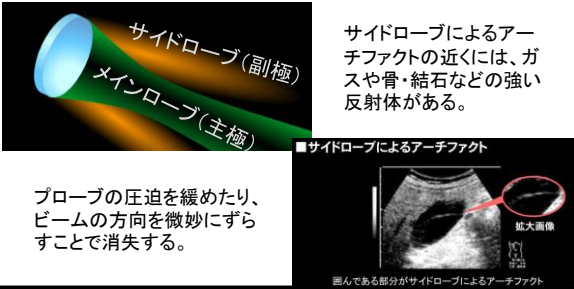
47

覚えておく必要のある超音波用語

- ①描出モード
- ②周波数
- ③分解能
- ④プローブ (transducer)
- ⑤ゲイン (エコーレベル)
- ⑥デプス (描出深度)
- ⑦フォーカス
- ⑧アーチファクト (多重反射、サイドローブなど)

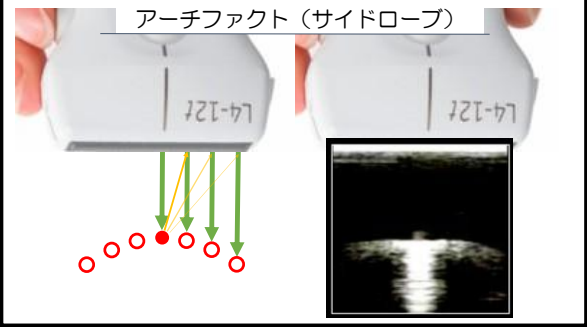
48

⑧アーチファクト（サイドローブ）



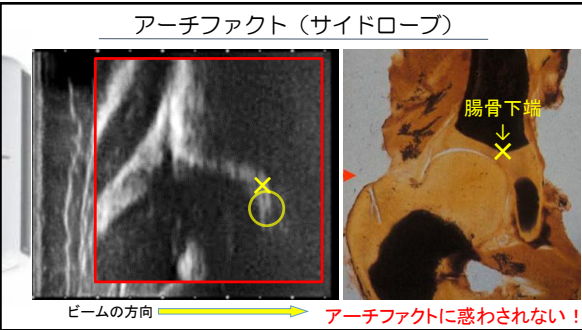
49

アーチファクト（サイドローブ）



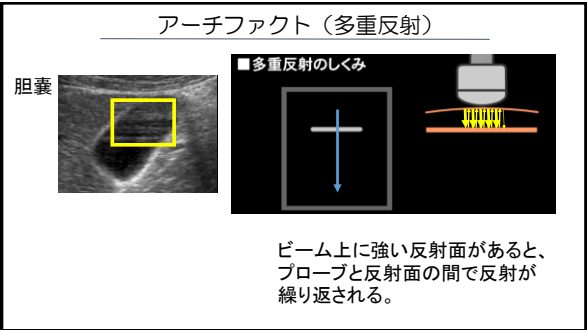
50

アーチファクト（サイドローブ）

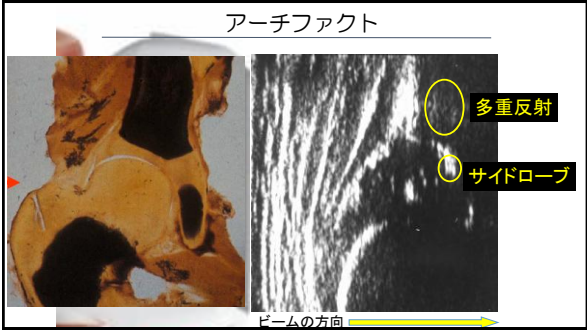


51

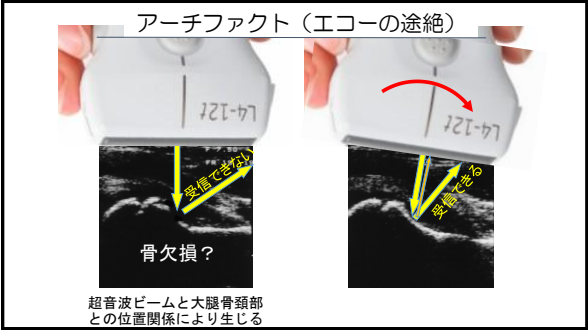
アーチファクト（多重反射）



52



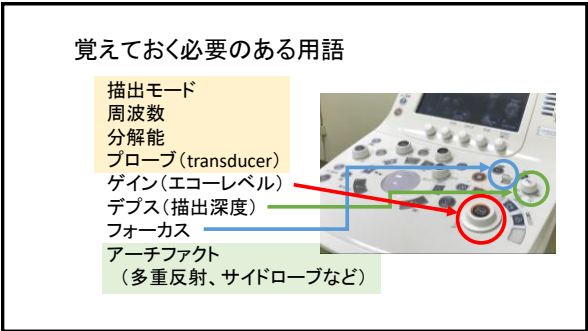
53



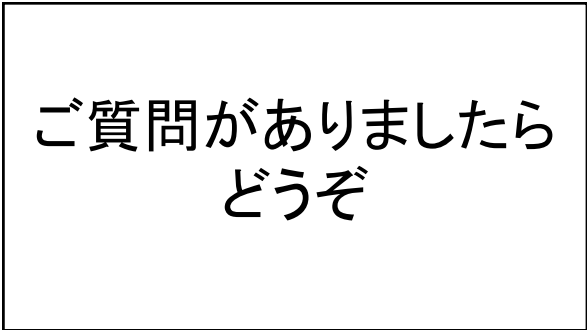
54



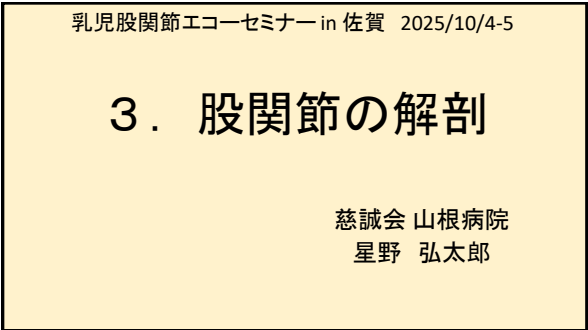
55



56



57

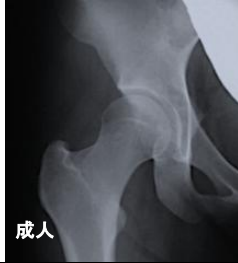


58

乳児と成人の股関節X線像



乳児



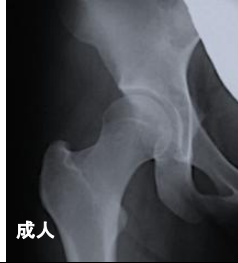
成人

59

乳児と成人の股関節X線像



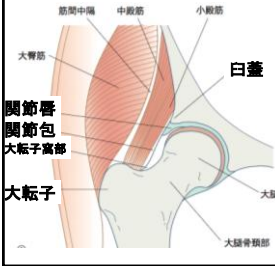
乳児



成人

60

成人の股関節



61

乳児の股関節



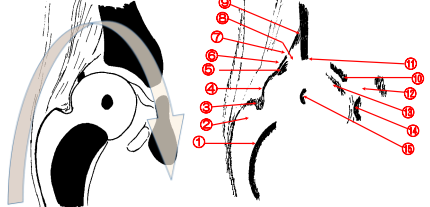
62

乳児の股関節



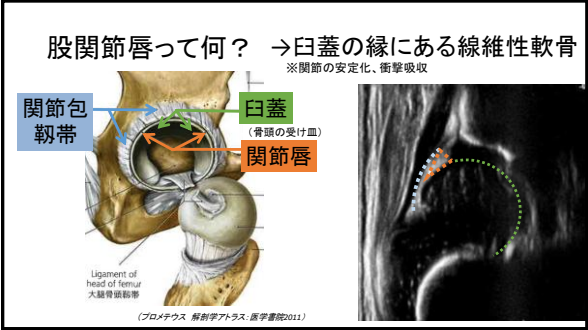
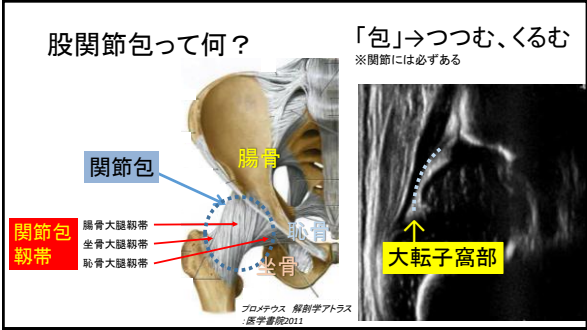
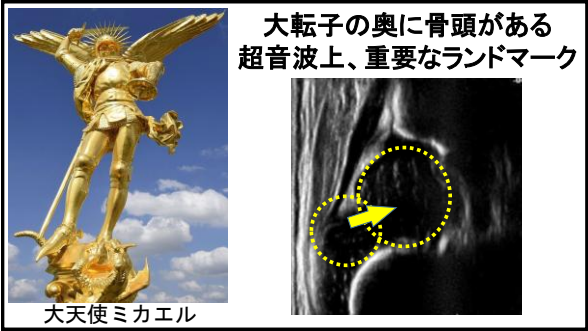
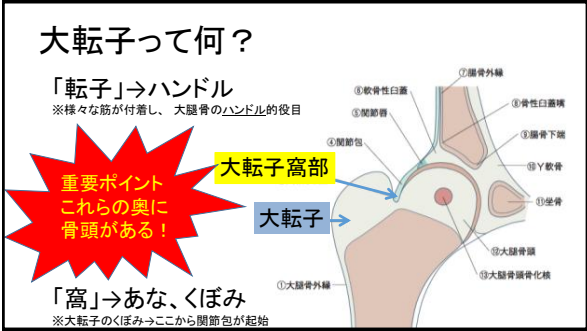
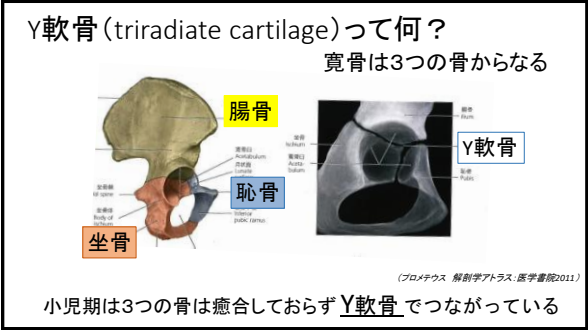
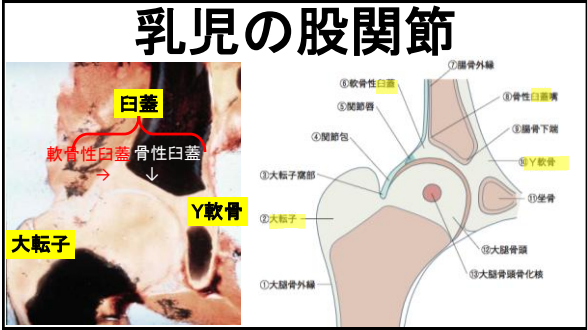
63

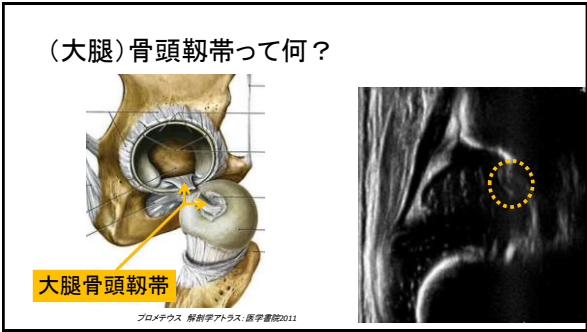
2. 15の解剖学的同定をマスターしておく。



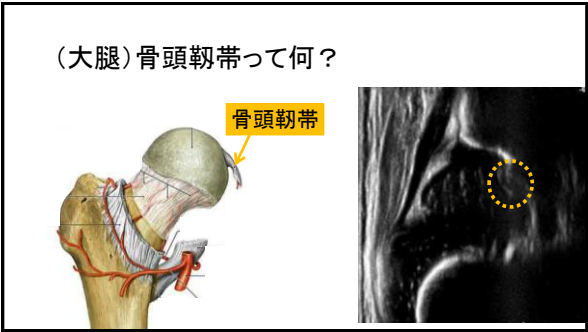
- ① 大腿骨頸部骨化部外縁 ⇒ ② 大転子 ⇒ ③ 大転子窩部
- ⇒ ④ 関節包 ⇒ ⑤ 関節唇 ⇒ ⑥ 軟骨膜 ⇒ ⑦ Perichondrial Gap
- ⇒ ⑧ 軟骨性臼蓋 ⇒ ⑨ 腸骨外縁 ⇒ ⑩ 腸骨下端 ⇒ ⑪ 骨性臼蓋嘴
- ⇒ ⑫ Y軟骨 ⇒ ⑬ 骨頭韧带 ⇒ ⑭ 坐骨 ⇒ ⑮ 大腿骨頭核

64

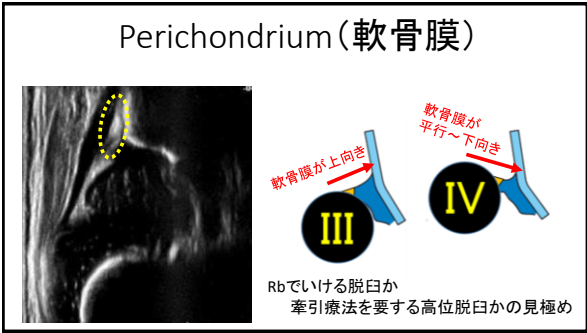




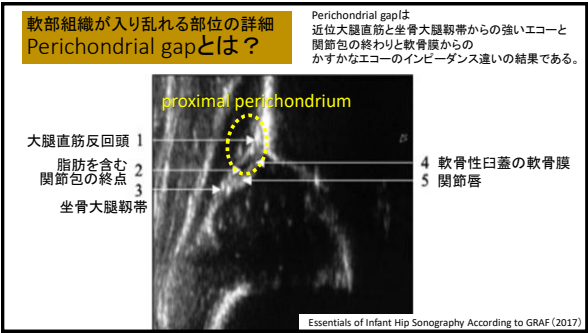
71



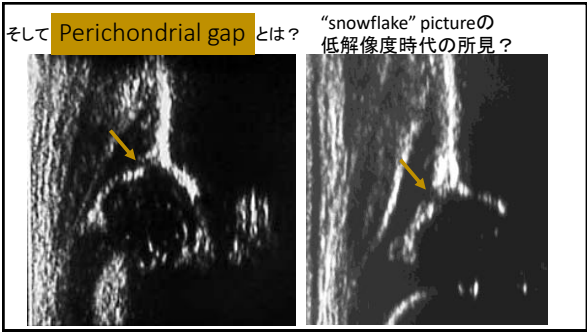
72



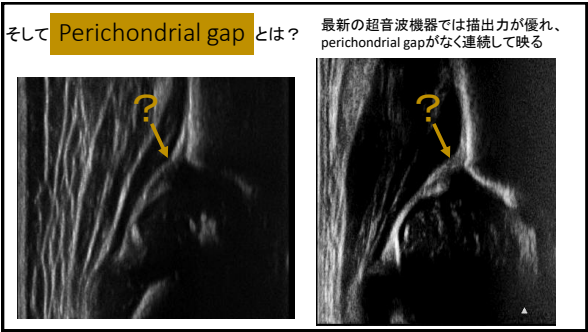
73



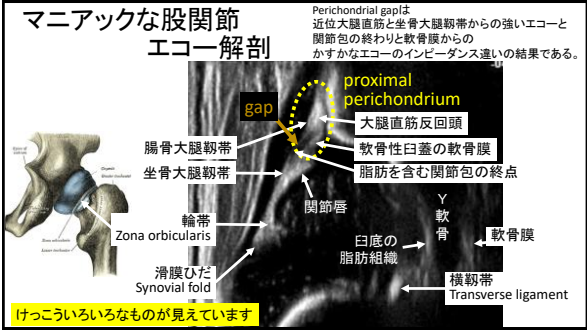
74



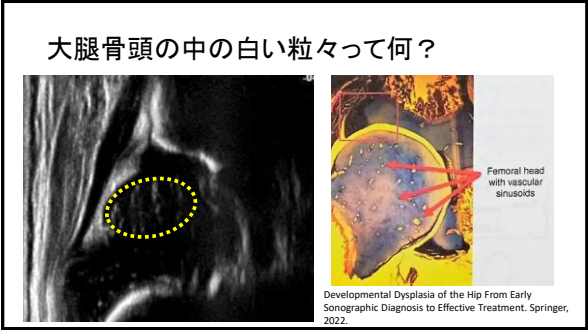
75



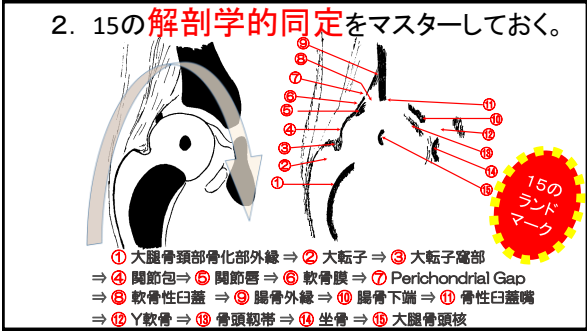
76



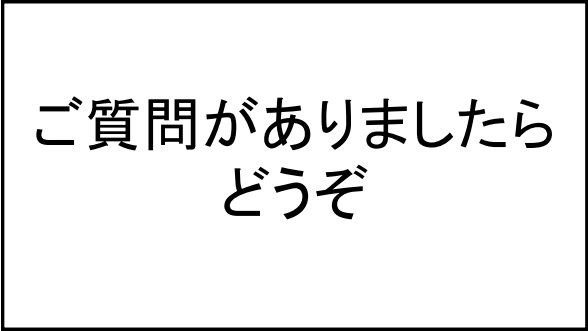
77



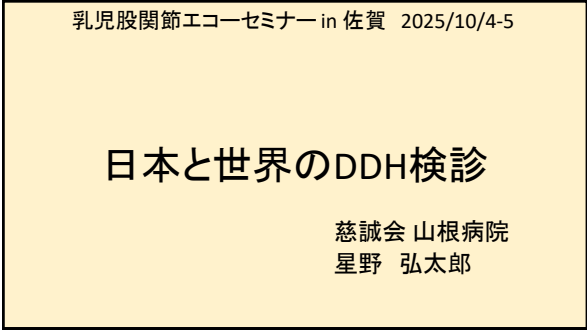
78



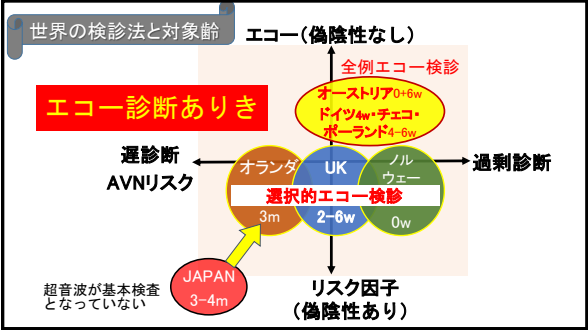
79



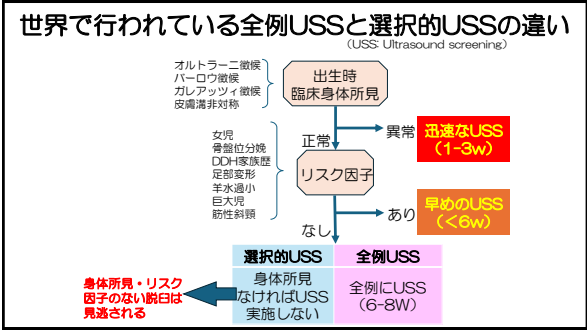
80



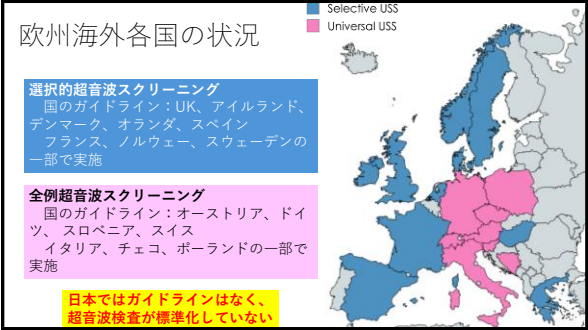
81



82



83



84

オーストリア、英国、過去の日本の比較

	Universal USS	Selective USS	Clinical screening
	Biedermann R, Bone Joint J (2018年)	Broadhurst C, Bone Joint J (2019年)	Hattori T, JOS (2014年)
健診システム	生下時と6週に全例超音波検査2回	生後72hrと8週までの選択的超音波検査	生後3~4ヵ月開排制限主体
対象(出生児数)	1998~2014年 17年間27,808児	1990~2016年 26年間3,635,163児	2011年+2012年 (2年間)2,087,907児
超音波検査	Graf法	Harcro法	二次検診で28%の使用
遅診断	5年追跡で遅診断ゼロ	1歳以降754児 遅診断率0.13%	1歳以降199児 遅診断率0.01%

過去の日本の健診体制には問題はあるが、それなりの精度は保たれていた。

85

英国の反省

Poacher et al. Bone Jt Open. 2023; 23(4):635-642.

英国における過去 25 年間の 13 論文レビューとメタ解析。

NIPEを導入して遅診断率 (>12週) は 0.7~1.2/1000 出生に増加している。

Harper, Clarke, et al. JPO. 2020; 40:408-412.

経験豊富なシニアドクターでも脱臼脱臼の13.8%は誤診される。生後3ヵ月未満では開排制限のない脱臼が20%存在した。

臨床所見に依存する健診システムでは脱臼遅診断は根絶できない。

86

選択的USSを行ってきた
英国小児整形外科学会のDDHコンセンサス

2025/1/22公開

●BSCOSは現在の臨床スクリーニングモデルの精度は低く、代替モデルを模索する必要があることを認識しています。

●BSCOSは、普遍的な超音波スクリーニングを提唱しています。

●標準化されたレポートの Graf 基準を採用する必要があります。

DDH Consensus Steering Group

Current Position

Regarding The Management of Developmental Dysplasia of the Hip (DDH) in the First Three Months of Life

Depln Method Approved Statements January 22

<https://www.bscos.org.uk/public/consensus-projects/consensus-project/ddh-consensus-steering-group>

87

日本で行われている乳児股関節全例超音波検診

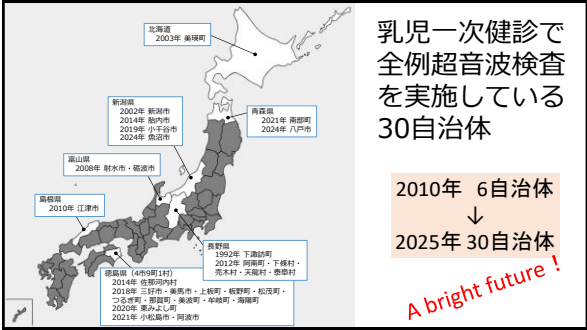
すべてGraf法	新潟市 2002-2012年	下諏訪町 1992-2017年	江津市 2010-19年
対象	58995児/11年	4275児/26年	1616児/10年
年間受診数	5363児	164児	159児
二次検診紹介率	3.6%	7.5%	10.1%
RB装着率	0.37%	0.70%	0.37%
患者負担費用	2800円	無料	無料
受診率	90%	94%	99.4%

いずれも現在まで遅診断例の発生ゼロ!

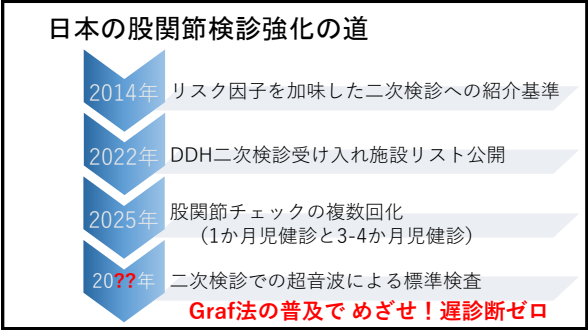
Graf法は脱臼脱臼に関して偽陰性のない最も信頼できる検査

日本では先進的な全例エコー検査を報告しているのは新潟市と下諏訪町と江津市です。それ以外、10年間遅診断がゼロと報告され、現在も続いております。つまり少なくとも完全脱臼に対して、Graf法は偽陰性のない最も信頼できる検査法と考えられます。またエコー検査の希望率も90%を超える高率であり、かなり普及しています。

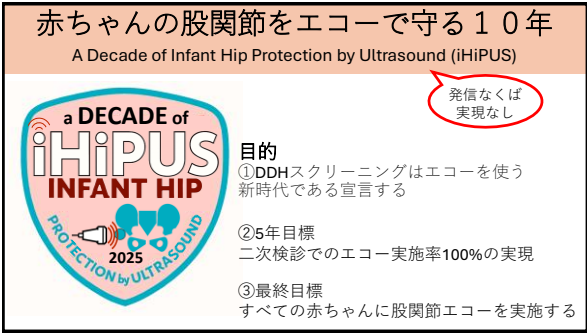
88



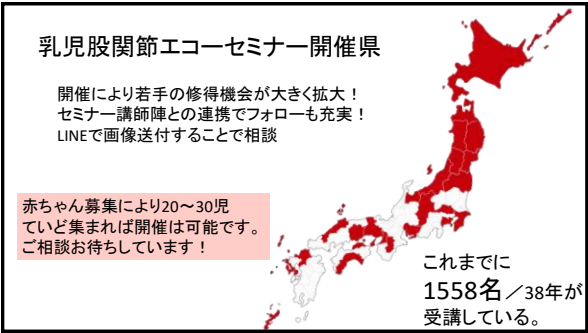
89



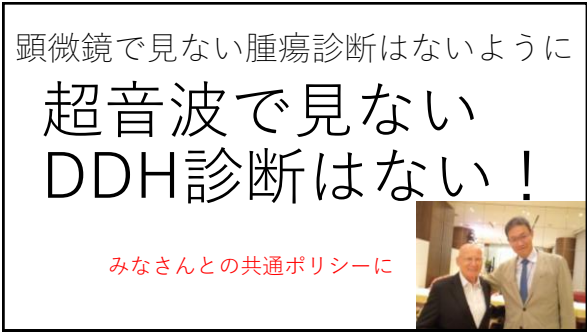
90



91



92



93