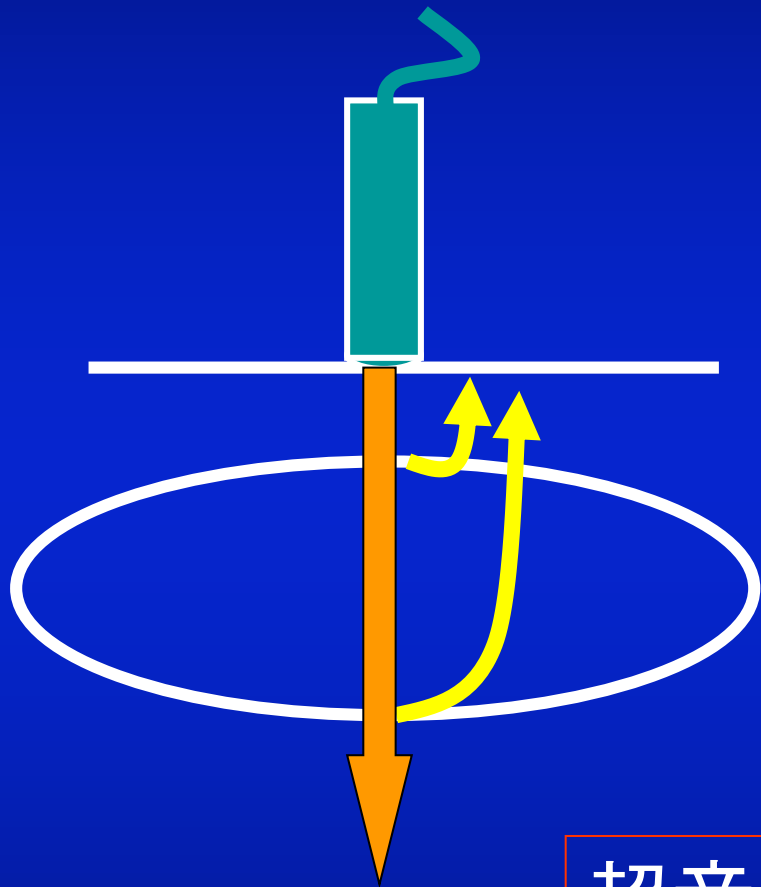


# 超音波基礎

# 超音波の画像構成



## 反射（エコー）

超音波は組織の音響インピーダンス  
(密度×音速)の異なる境界面で反射する。

超音波画像は組織から反射した  
超音波（エコー）を受信し、構成される



# 音波の種類

## パルス波

単一の音波

送受信に同一の振動子を利用

送信から受信までの時間から

距離を知ることができる

距離分解能  
を持つ



## 連続波

連続した音波

送信用振動子、受信用振動子が独立

送信から受信までの

時間を知ることができない

距離分解能を  
持たない



# 超音波画像の表示モード

---

- A mode
- B mode
- M mode

黄色 : パルス波を使用モード

緑色 : 連続波を使用するモード

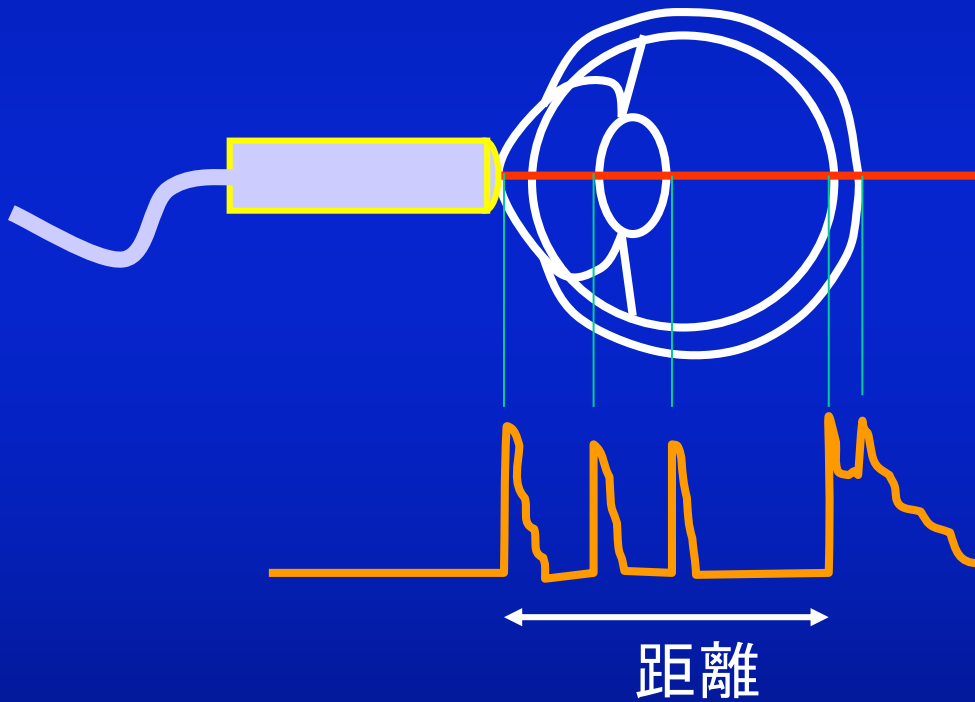
## Doppler

- Pulse wave Doppler
- Continuous wave Doppler
- Color Doppler
- Power Doppler

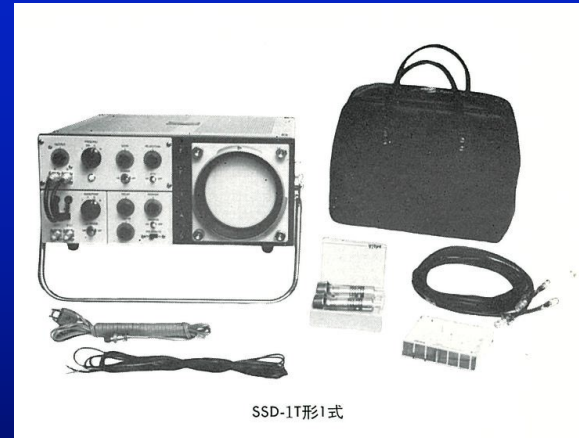
# A mode

Amplitude 振幅

単一の超音波(パルス波)を送信し、  
反射波の強さを波形の高さで表示

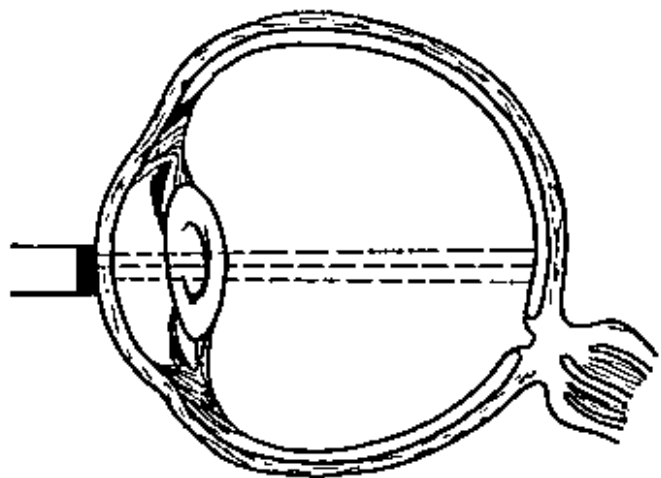


東芝 SSA-01A



SSD-1T形1式

アロカ SSD-01



眼軸測定の模形図とブラウン管像

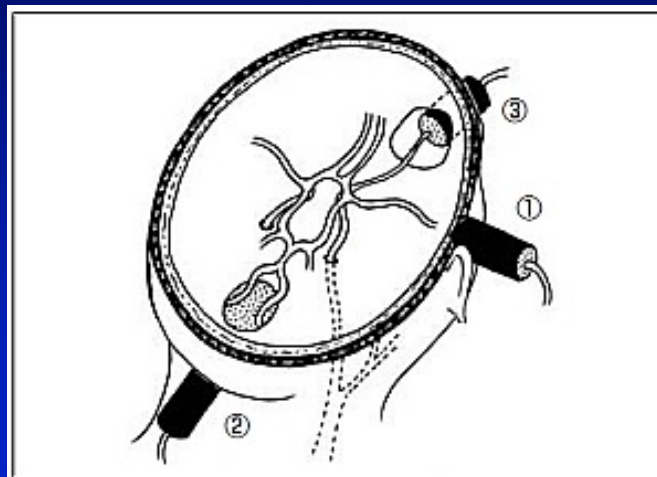
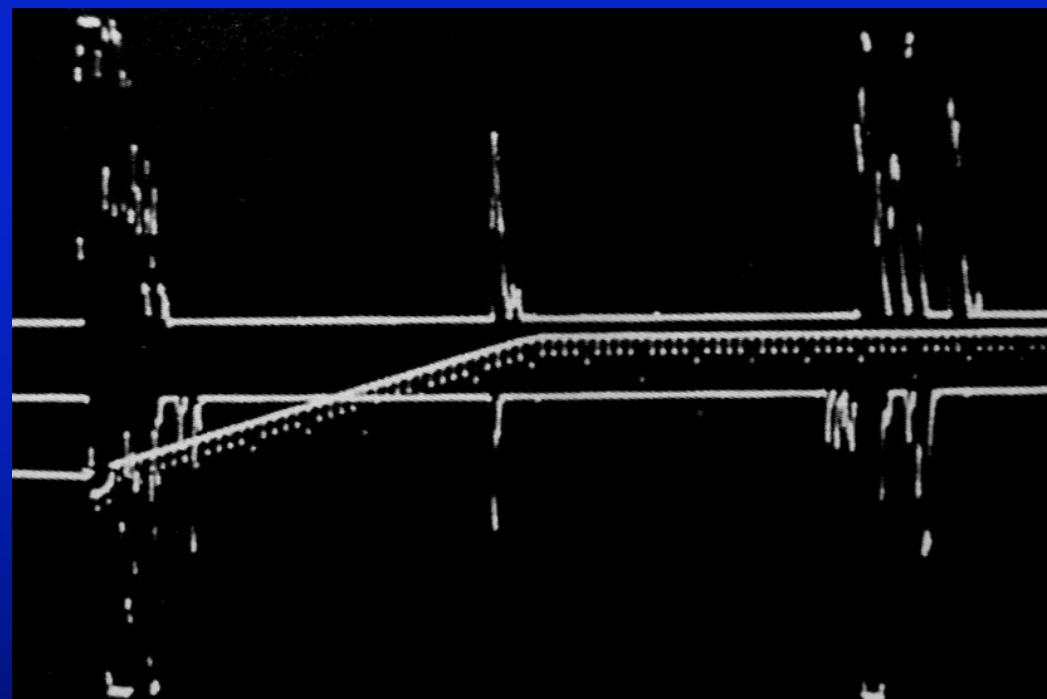


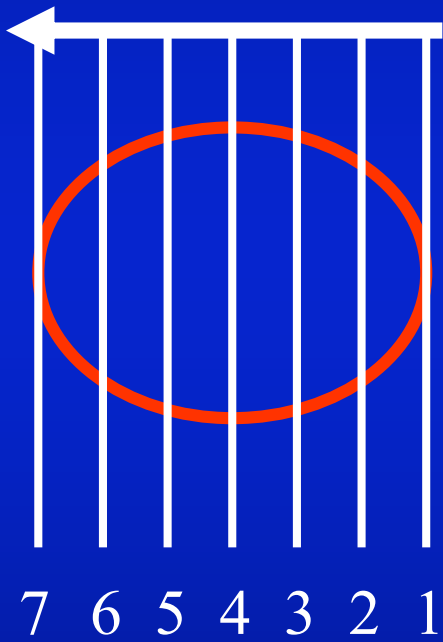
図 1 超音波骨窓 (ウィンドウ) からの TCD 測定



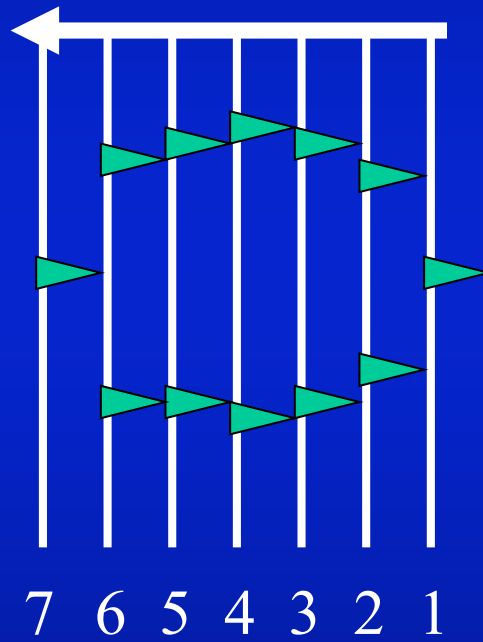
# B mode

Brightness 輝度(明るさ)

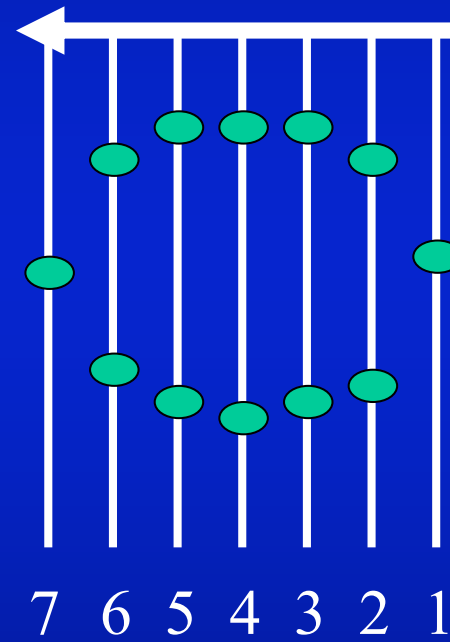
複数の超音波(パルス波)を送信し、  
反射波の大きさを輝度(グレイ階調)で表示



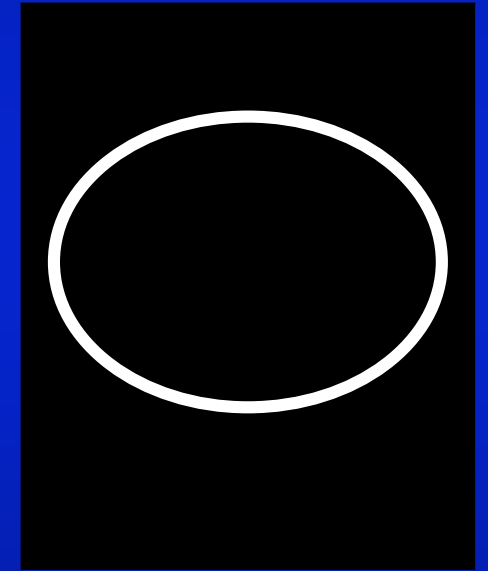
体内



A modeの波形

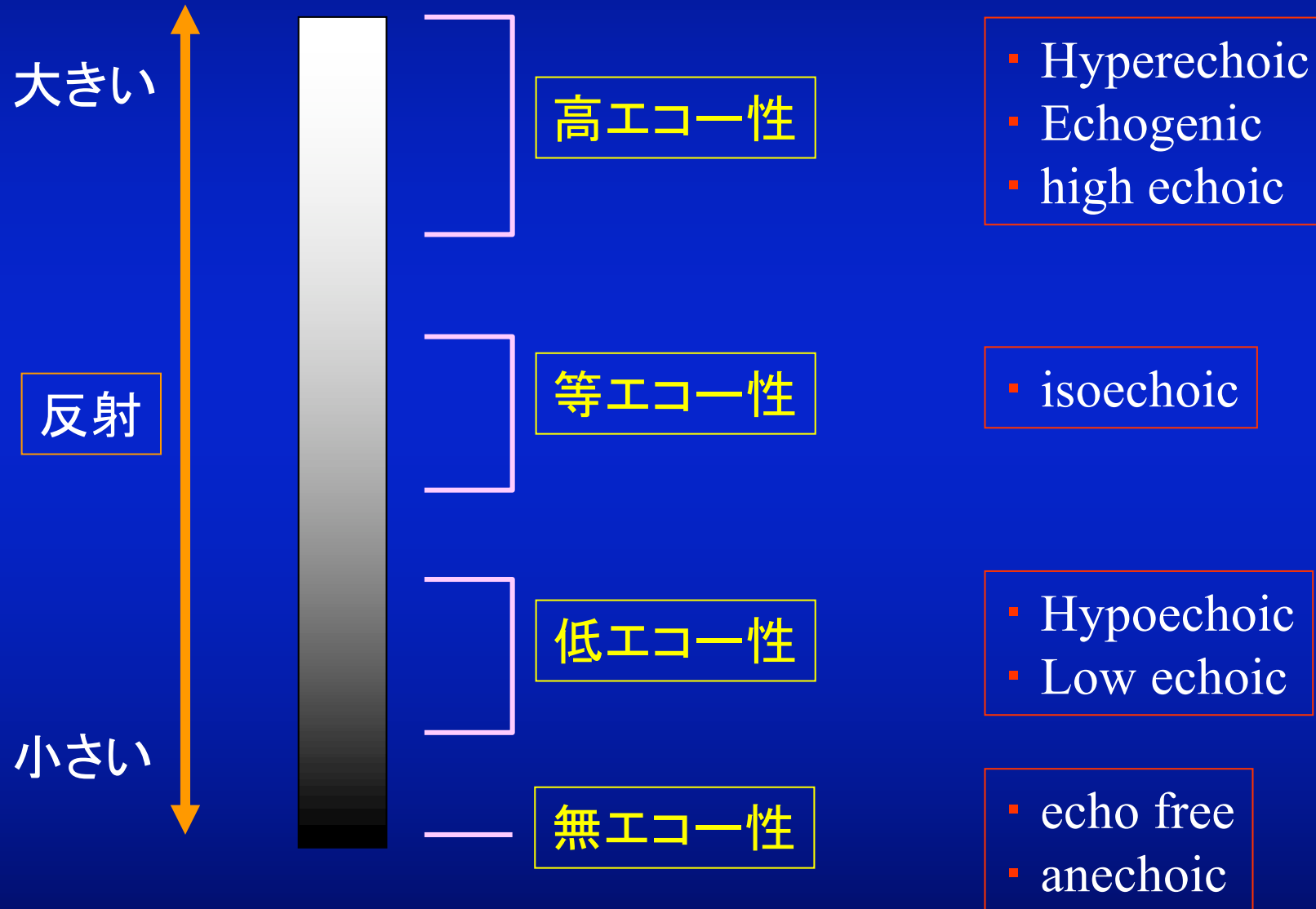


輝度で表示



実際の画像

# B mode画像における反射の強さと表現



ID:  
AZABU UNIVERSITY

PWR16  
<ABDO>06m30.97  
15:53:36

R-KIDNEY

C7.00  
20HZ

R-KIDNEY

MASS

D 24.5MM 23.1MM

5/1/L  
50/80  
6.0CM

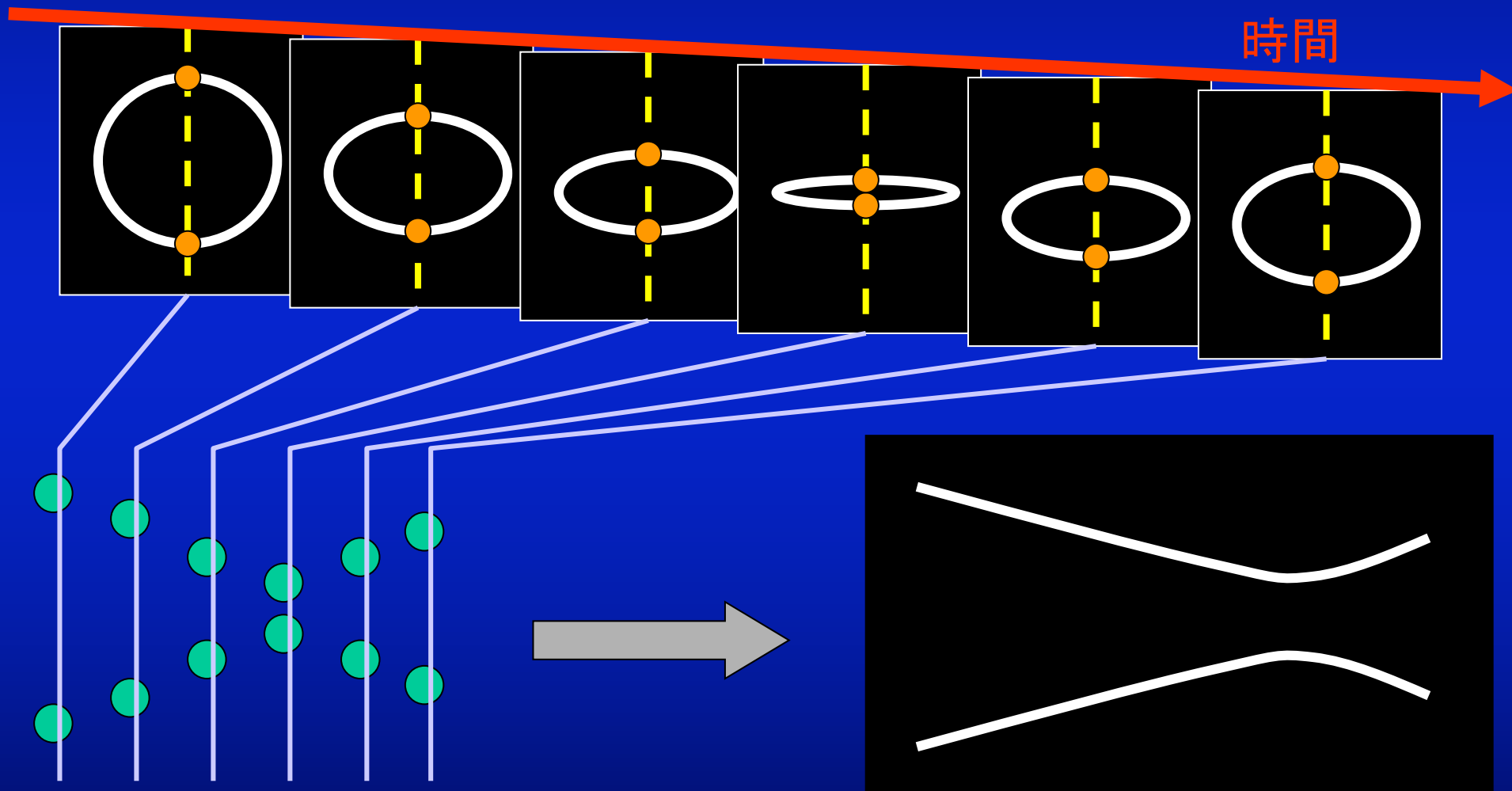
B LP



# M mode

Motion 動き

体内の臓器が時間的に  
どのように動いているかを軌跡で表示

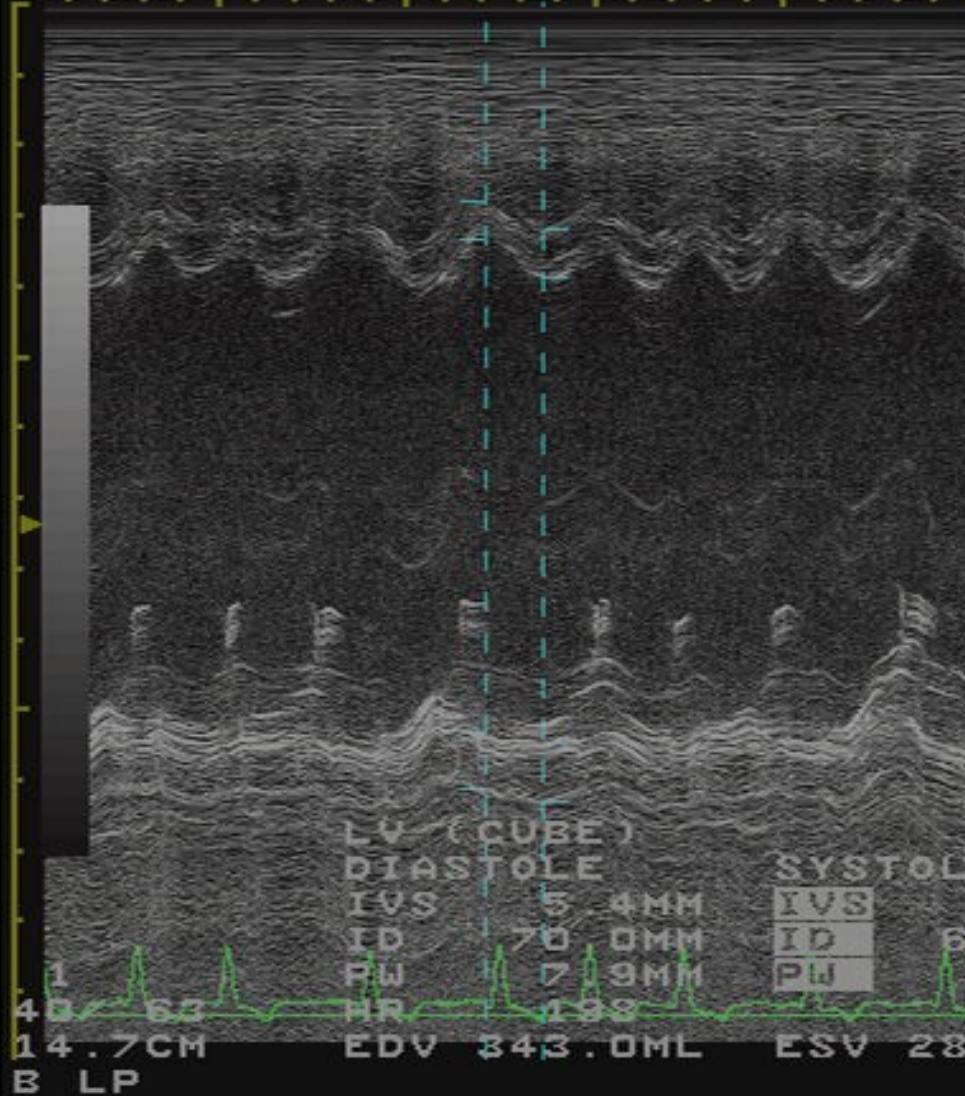




ID: :  
AZABU UNIVERSITY

PWR16  
<CARD>02m11.02  
HR 198 16:39:54

S3.75  
30HZ



LV (CUBE)		SYSTOLE	
DIASTOLE		IVS	6.9MM
IVS	5.4MM	ID	66.0MM
ID	70.0MM	PW	8.3MM
PW	7.9MM		
HR	198		
EDV	343.0ML	ESV	287.5ML

SV	55.5ML
CO	10.99L
EF	0.16
FS	0.06

1/1/L  
45/68  
14.7CM

# D mode

Doppler

Doppler効果を利用し、  
血流速度を表示

Doppler効果とは？



停車中

低音



高音

移動中



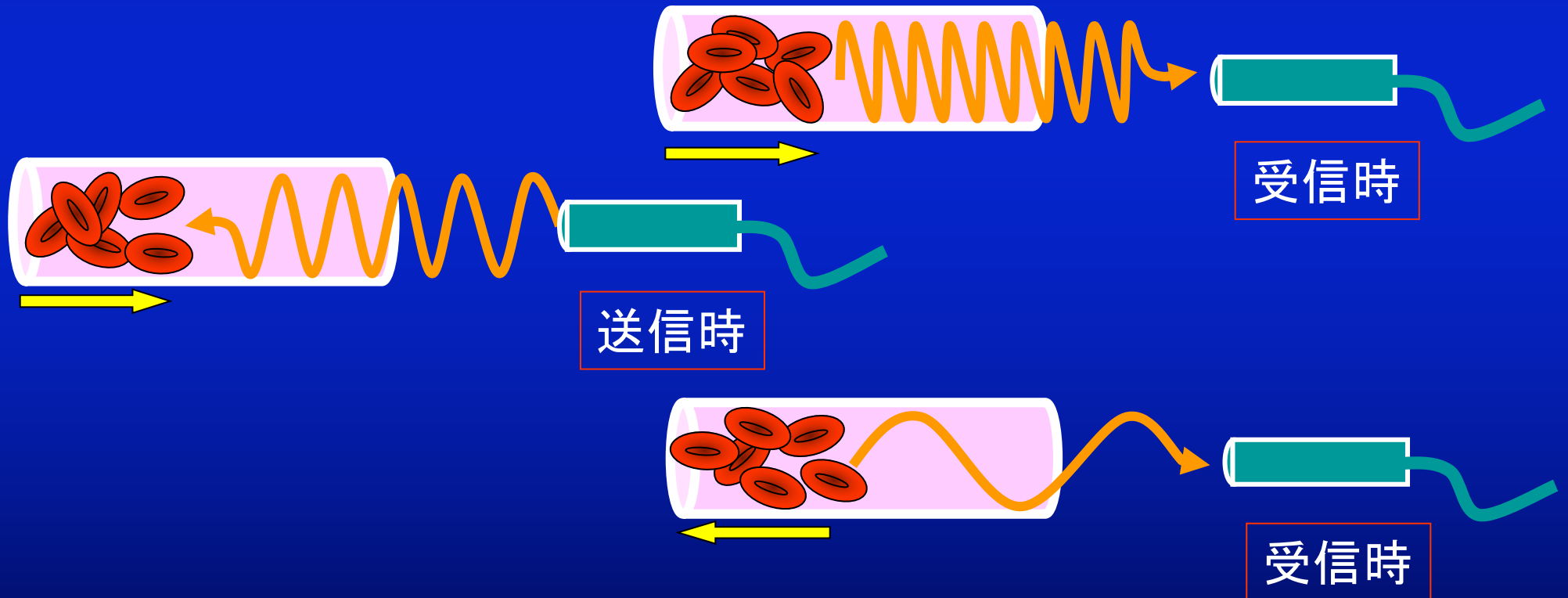
# ドプラ偏位周波数

$$\Delta f = 2 \times fc \frac{v}{c}$$

$\Delta f$  周波数の変化(ドプラ偏位周波数)

$fc$  振動子周波数

$c$  音速       $v$  血流速度

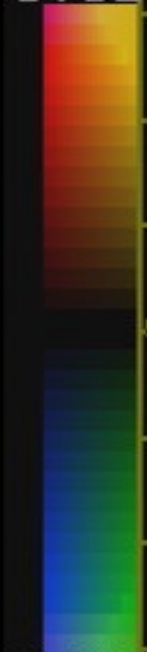


ID: \_  
AZABU UNIVERSITY

PWR16  
<CARD>12m08.98  
HR 101 15:16:52

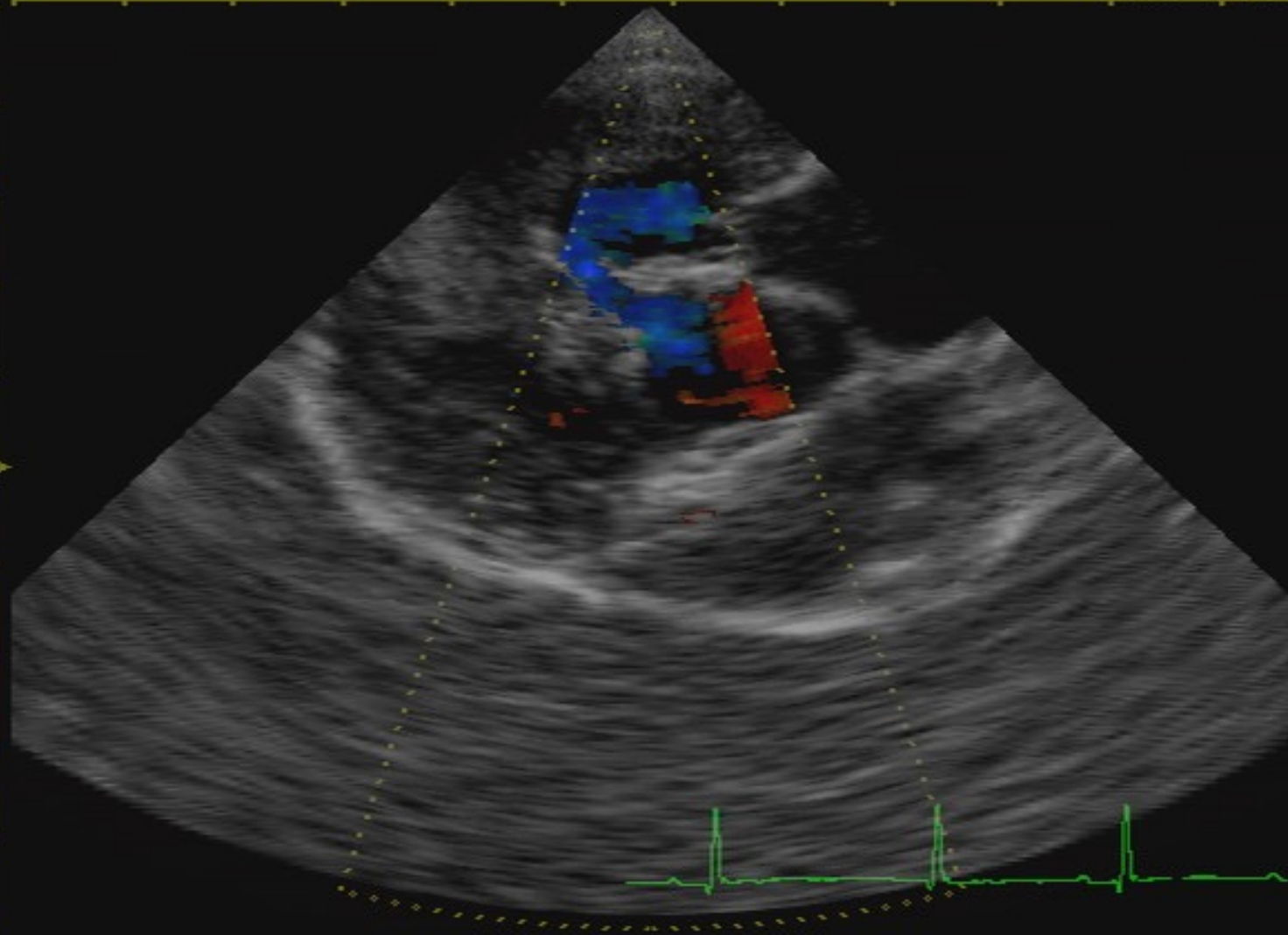
S5.00  
32HZ  
# 53

0.62



0.62  
H

B LP



6.0K  
L/12  
930/M  
L/1  
1/1/L  
45/ 82  
10.0CM



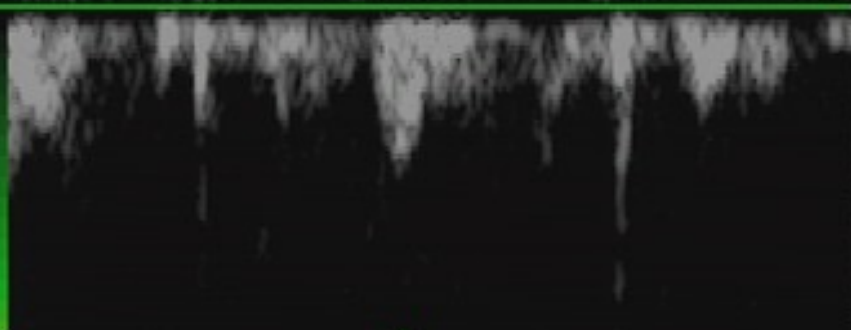
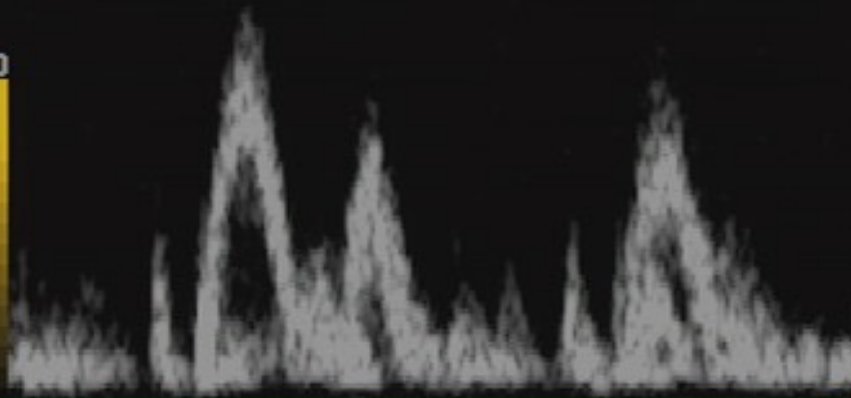
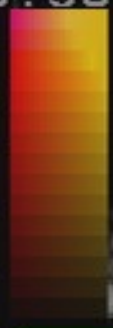
ID: \_  
AZABU UNIVERSITY

+0.90/0.10

PWR16  
<CARD> 11m28.96  
HR 62 14:20:58

S3.75  
29HZ

0.90

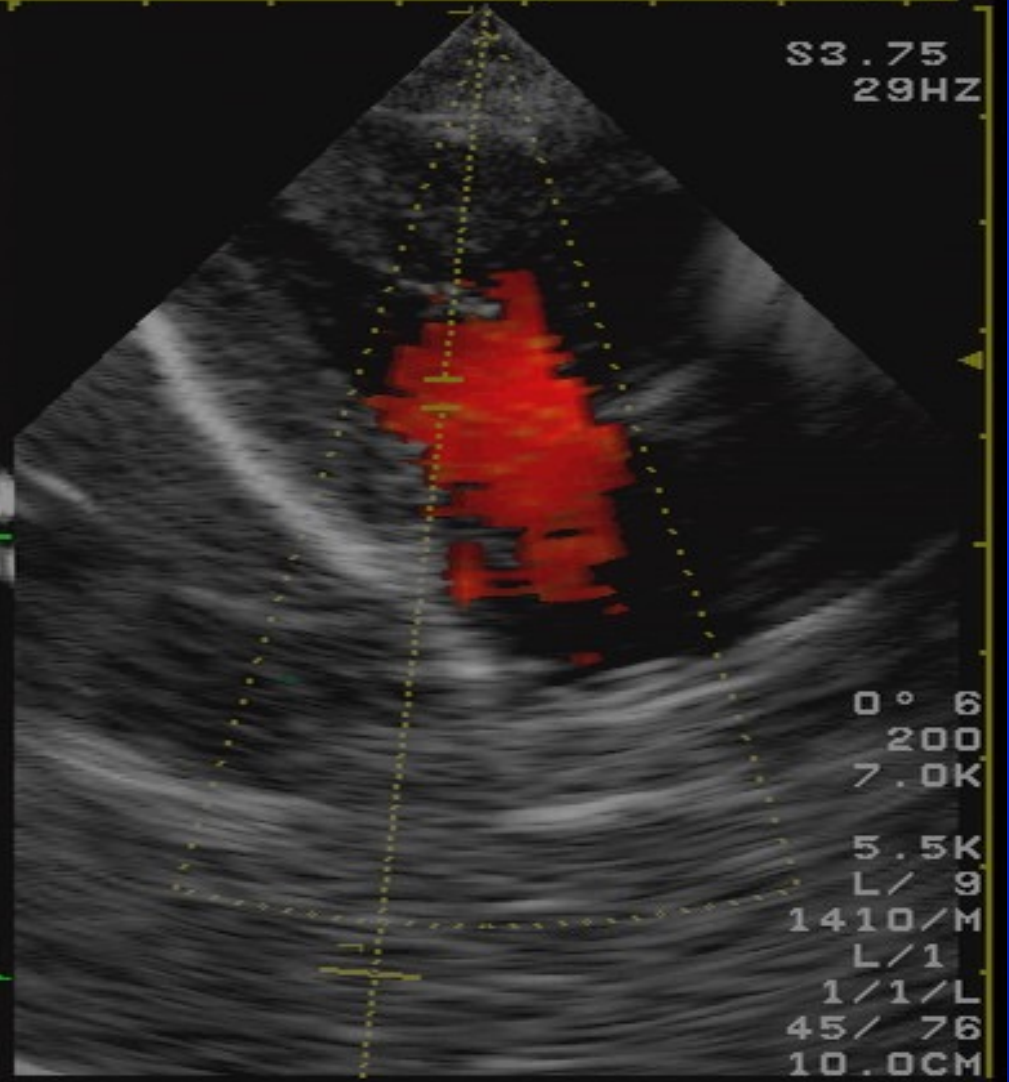


0.90



-0.90

B LP



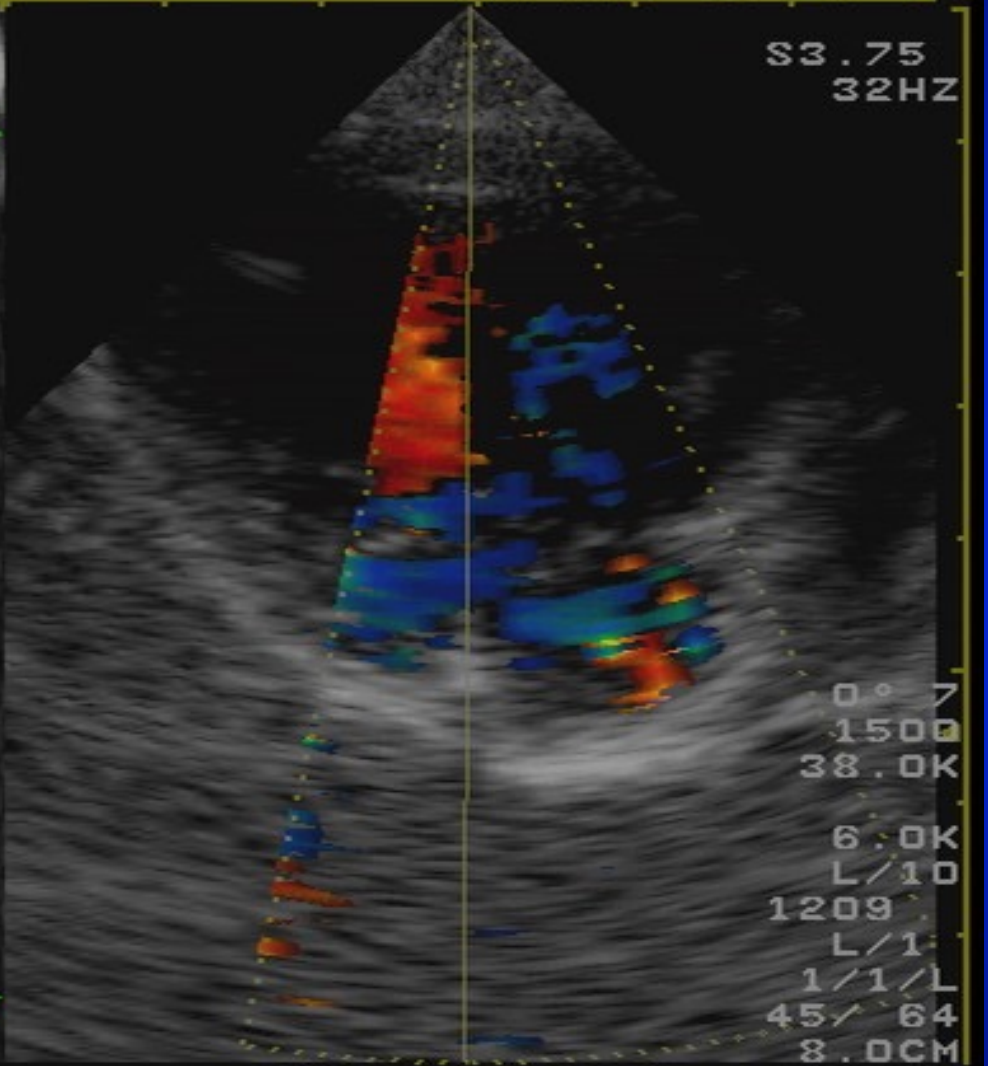
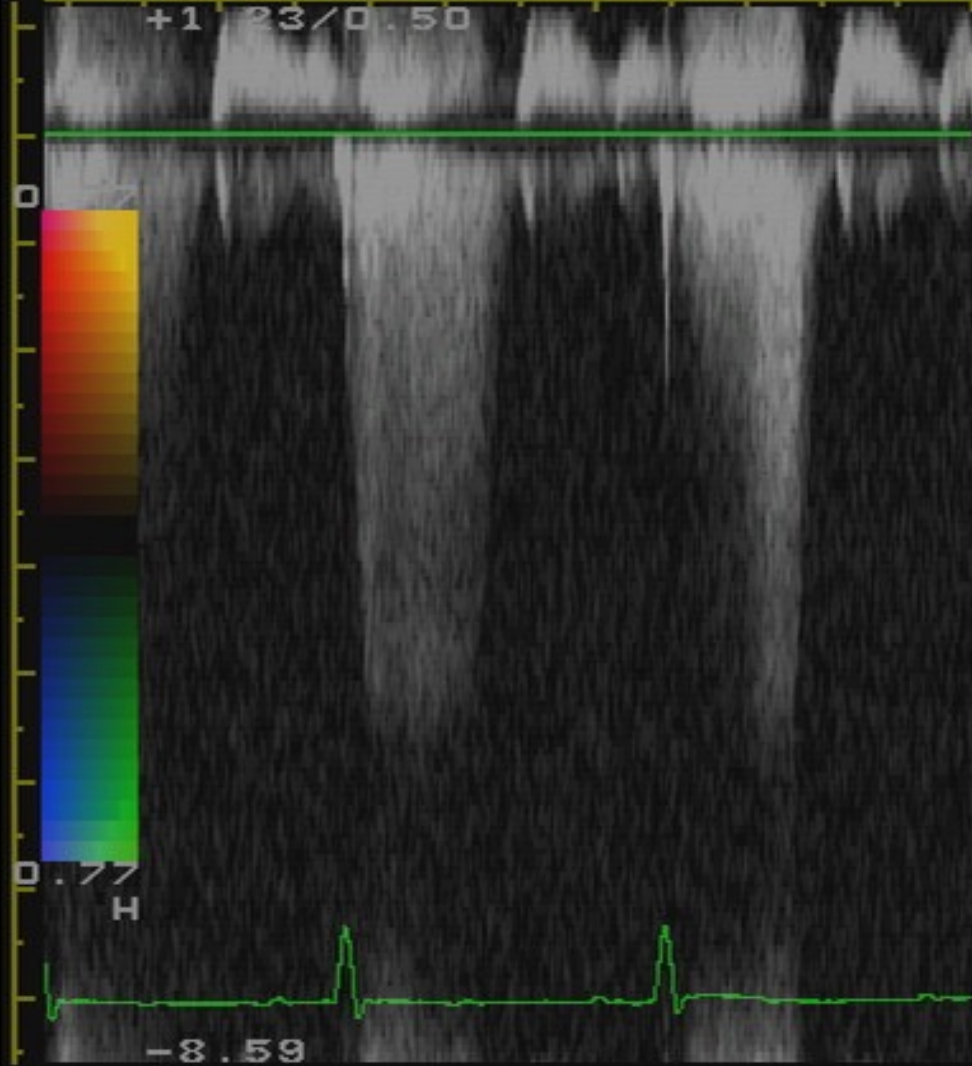
0° 6  
200  
7.0K  
5.5K  
L/ 9  
1410/M  
L/1  
1/1/L  
45/ 76  
10.0CM

ID: \_  
AZABU UNIVERSITY

PWR16  
<CARD>10m26.97  
HR 137 10:23:16

+1 23/0.50

S3.75  
32HZ



B LP

# 分解能

---

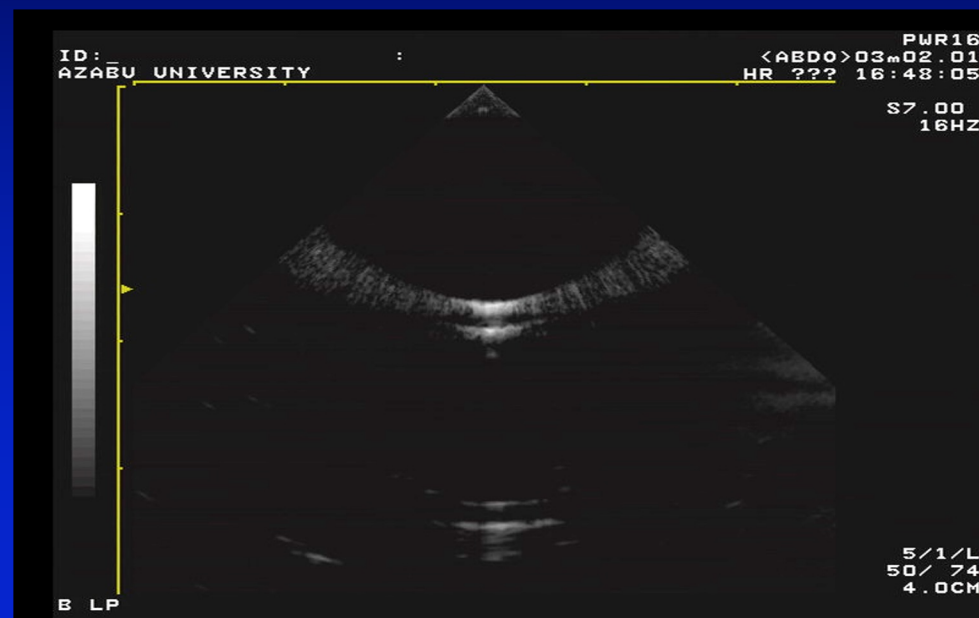
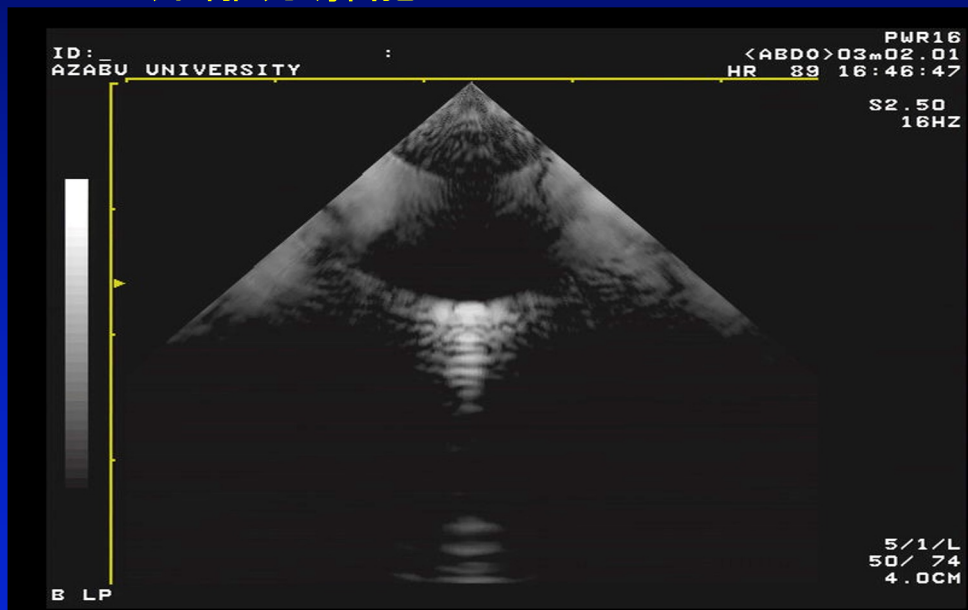
## 分解能とは

微小な差異を認識できる限界(最小値)のこと  
超音波装置の空間分解能には2種類の分解能がある

### 空間分解能

- 距離分解能
- 方位分解能

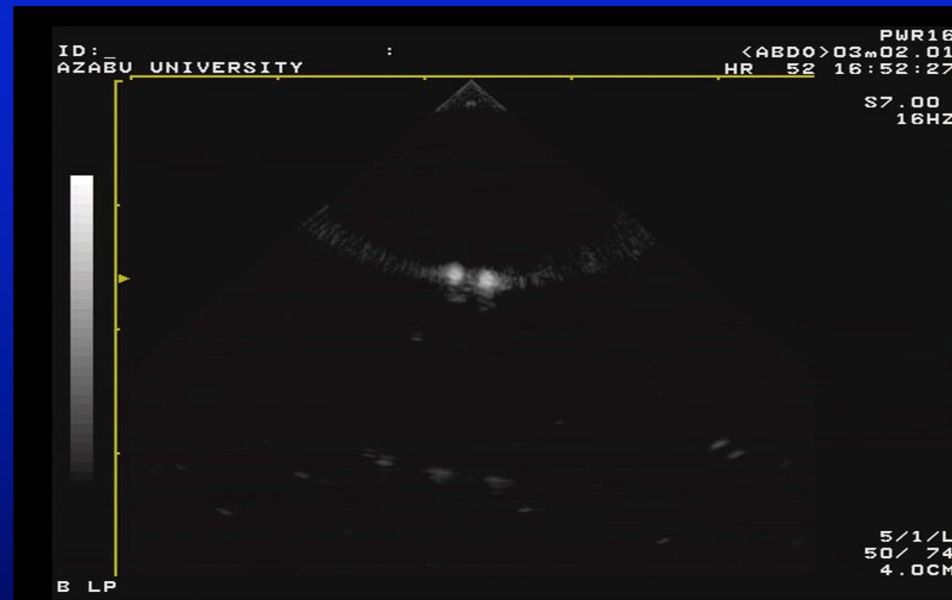
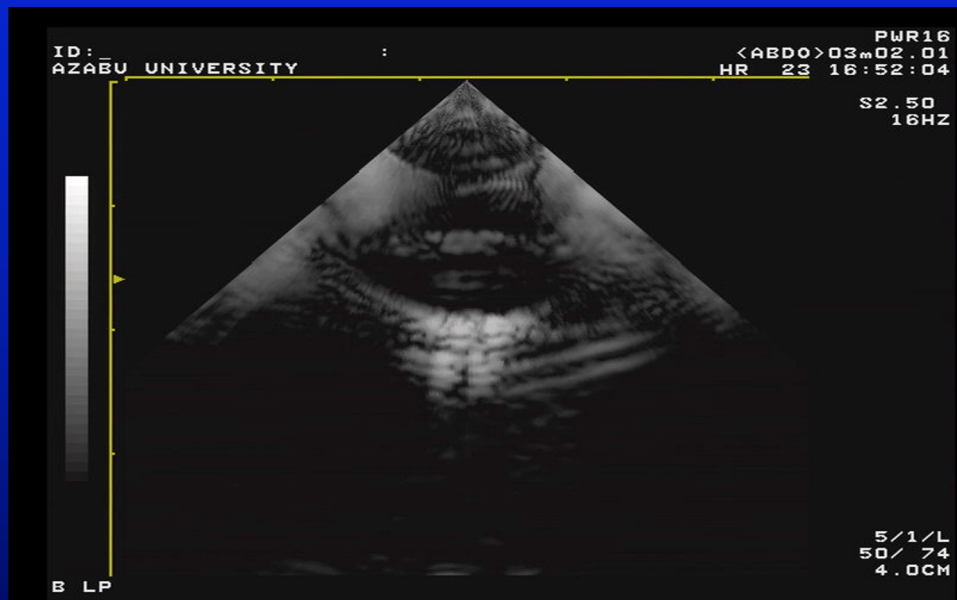
# 距離分解能



# 方位分解能

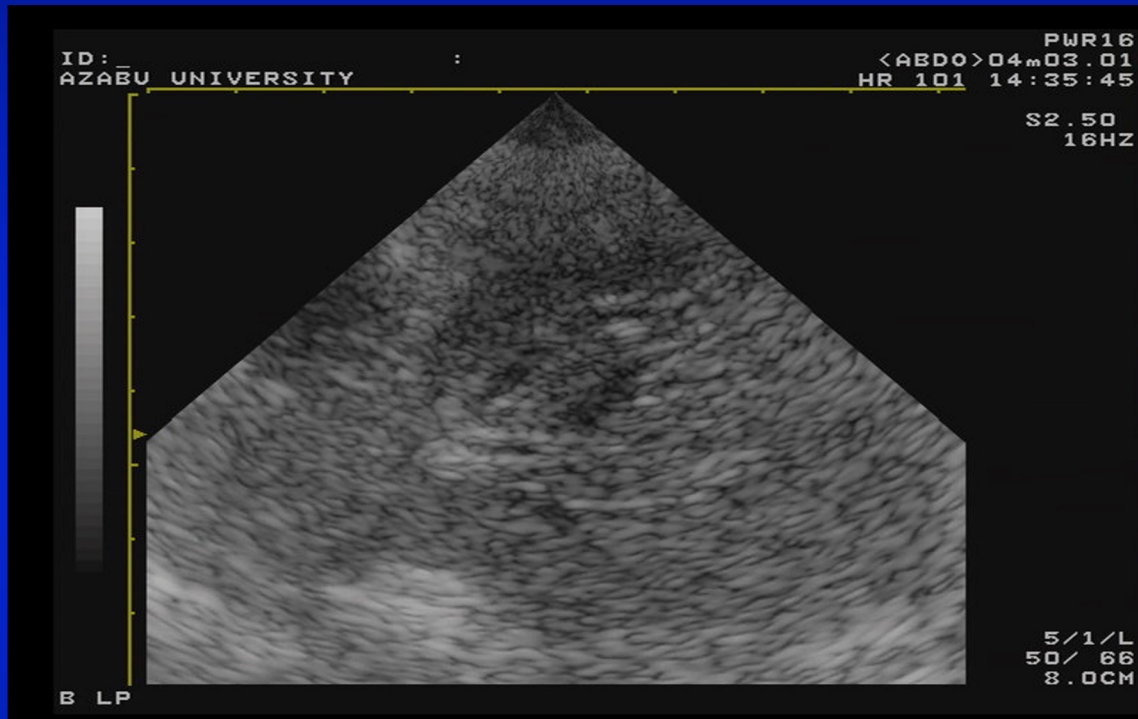
2.5 MHz

7.0 MHz

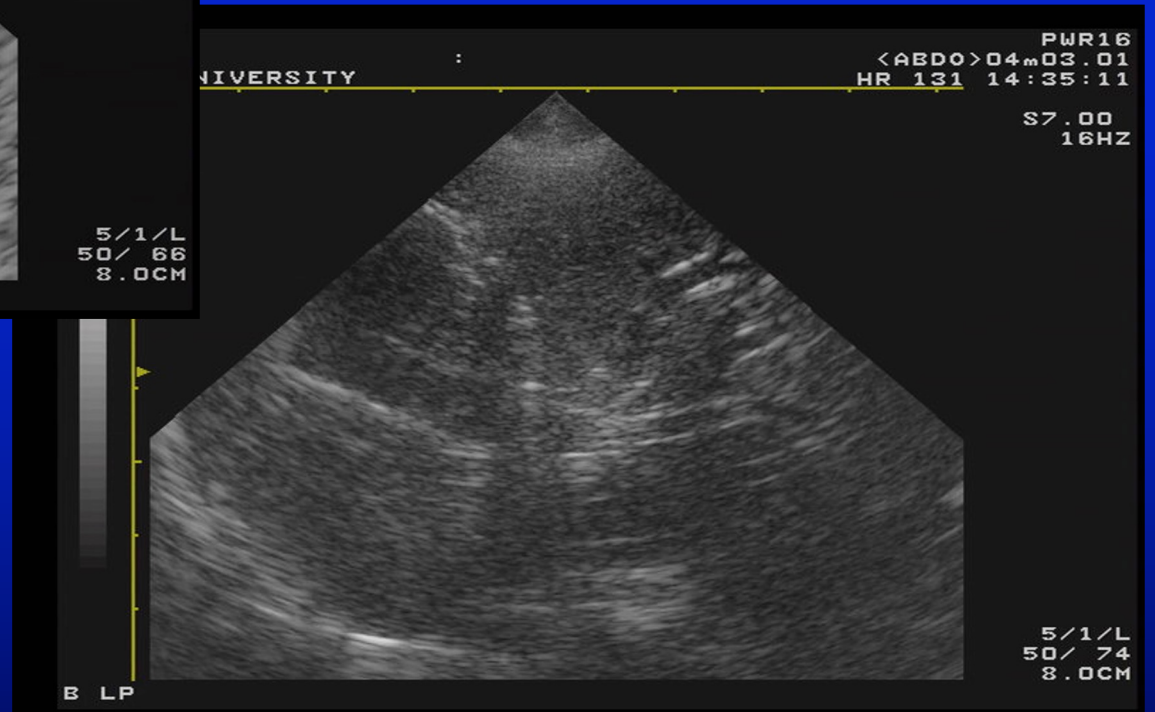




# 分解能

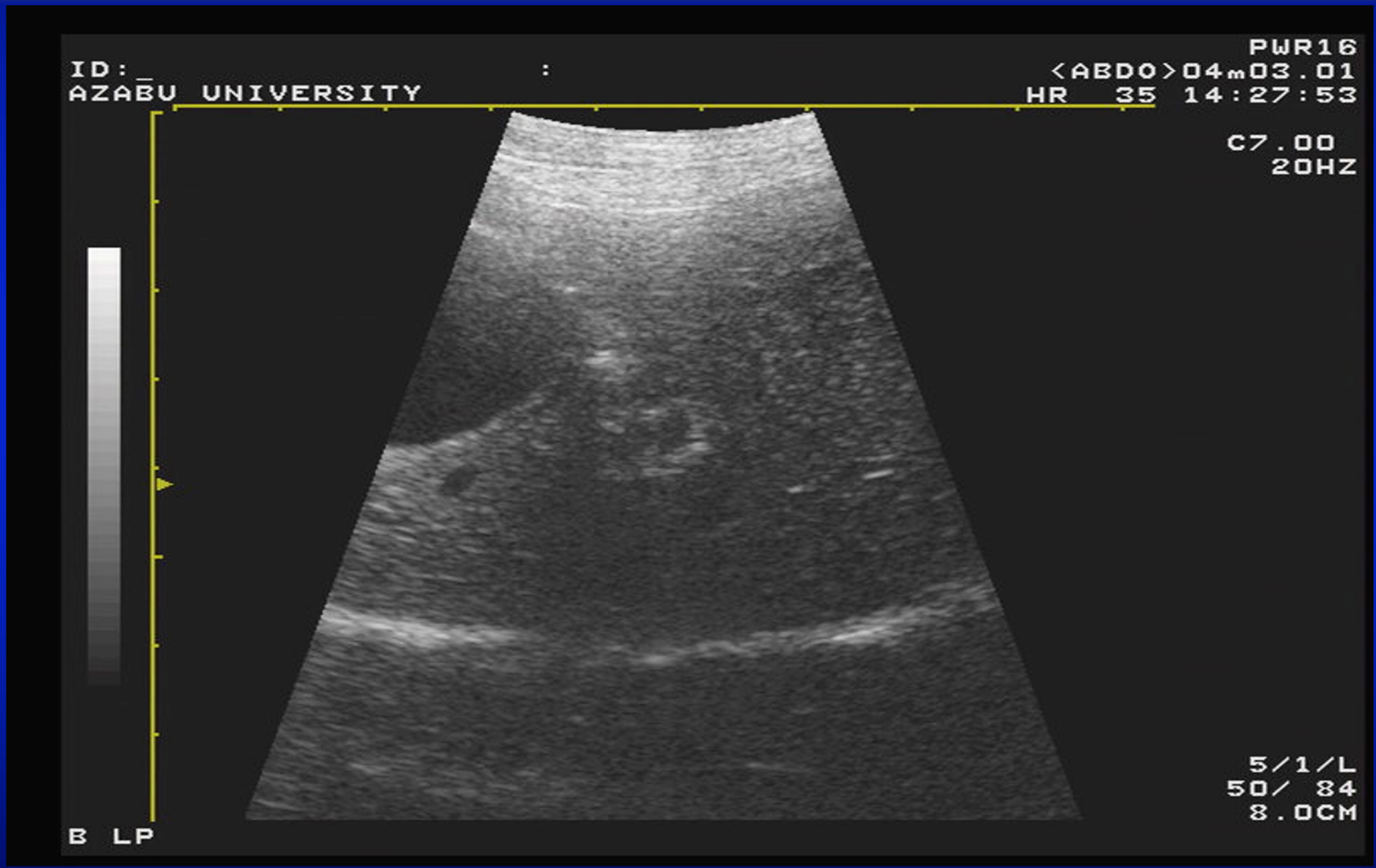


2.5 MHz



7.0 MHz

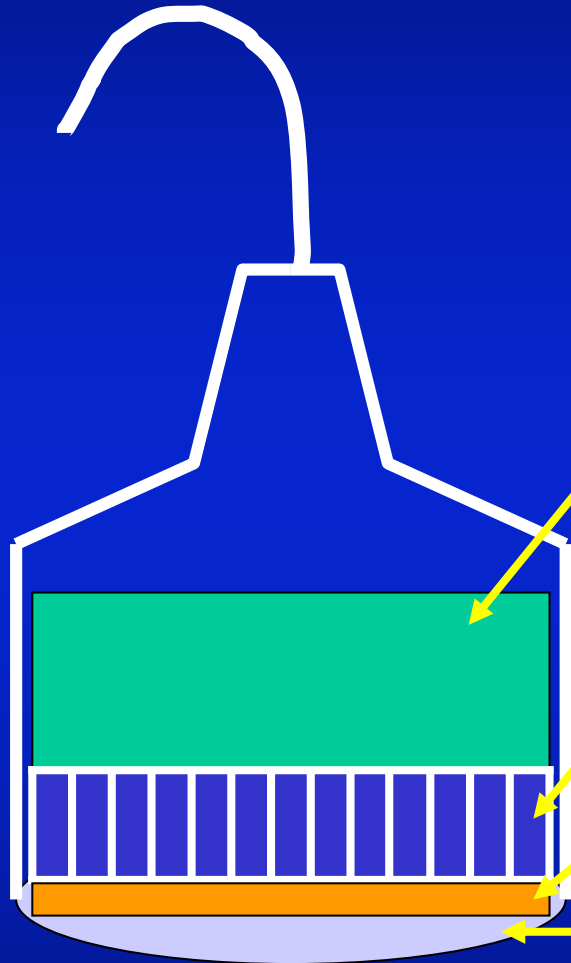
# 透過力・減衰



# 周波数、透過力、空間分解能の関係



# プローブの構造



## ダンパー

送信後の振動子の震動を抑える

## 振動子(トランスデューサー)

超音波を発生する素子

## 整合層

振動子と生体は音響インピーダンスが大きく異なるため、振動子で発生した超音波が効率的に生体に伝わるようにする素材

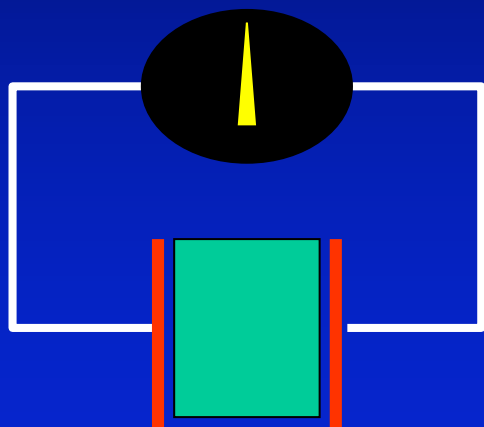
## 音響レンズ

断層面のフォーカス

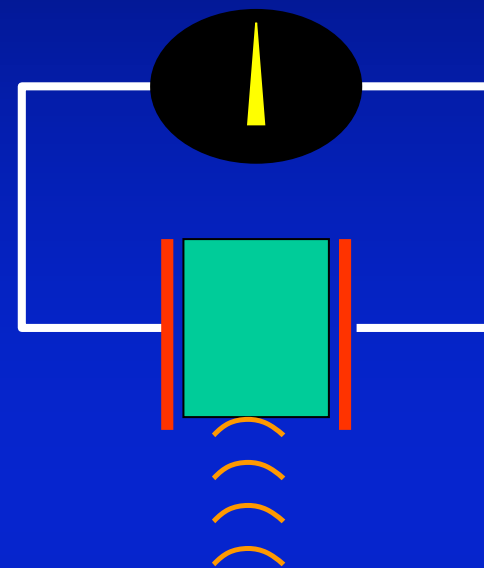
(断層面の方向にビームを絞る)

# 振動子

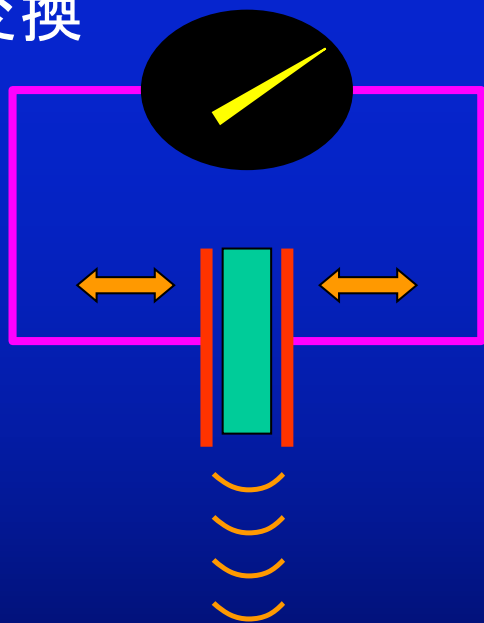
送信



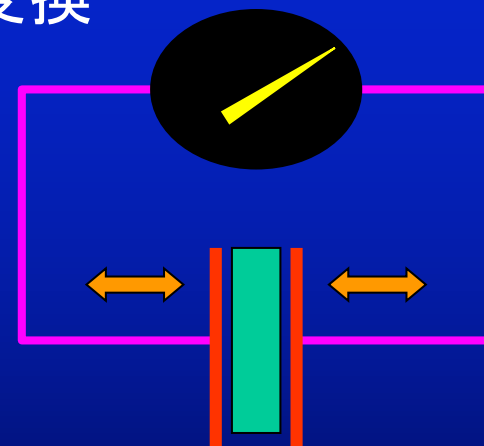
受信



電圧を音圧に変換



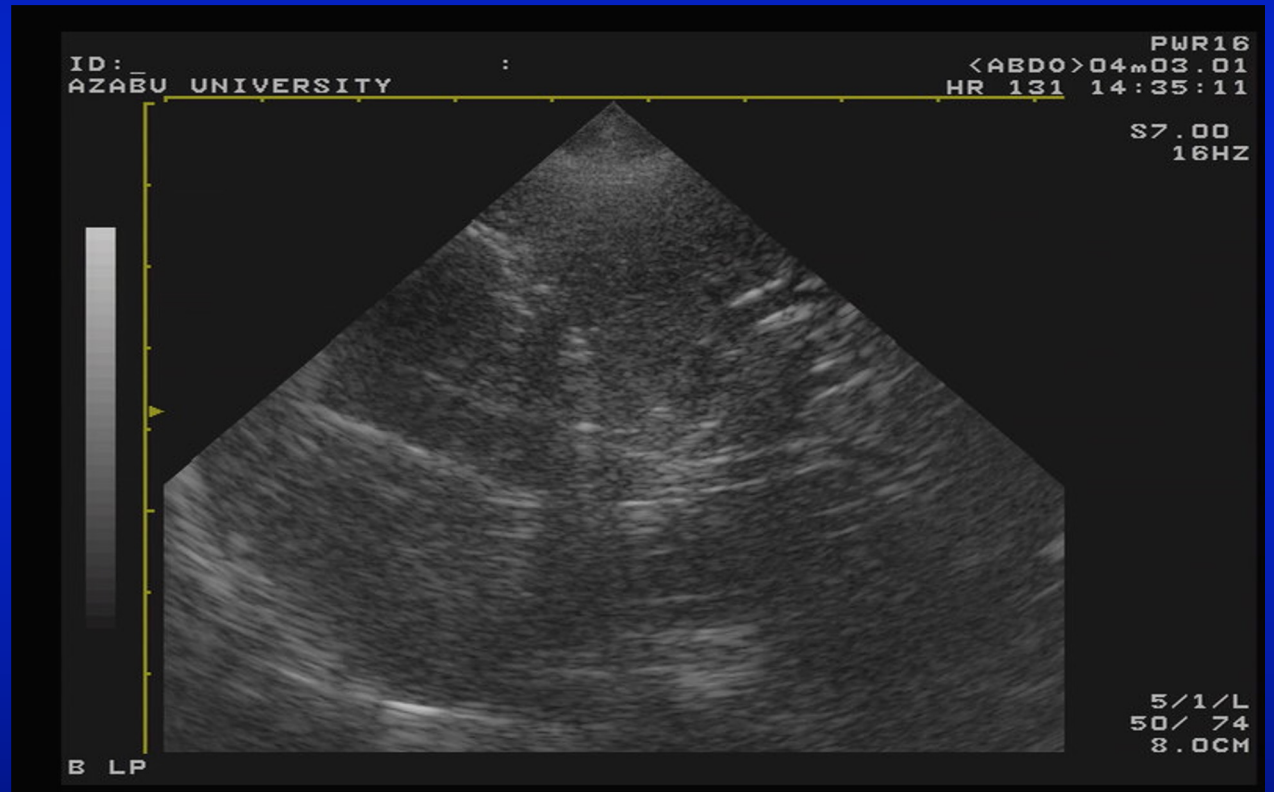
音圧を電圧に変換



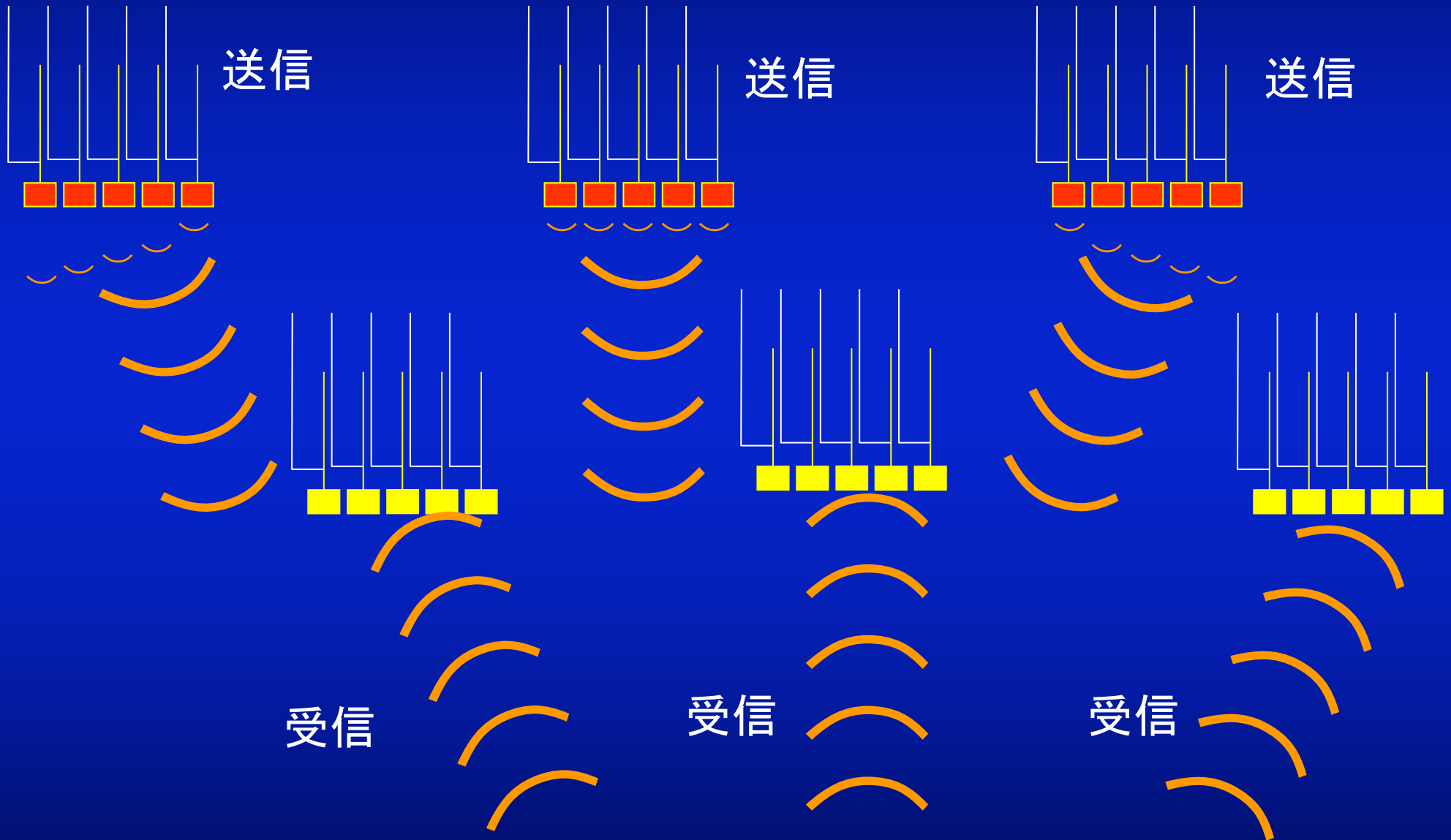
# プローブ

セクタ

接触面が小さく、視野が広い



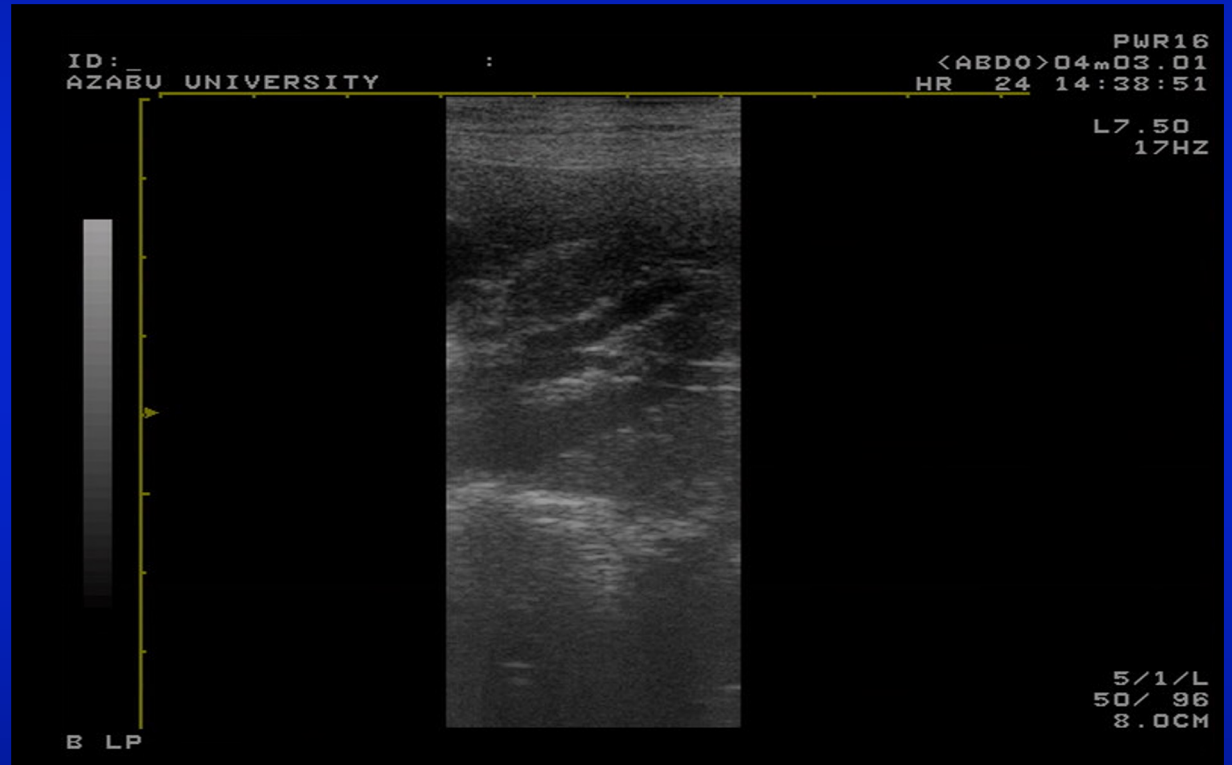
# セクタ型プローブの送受信方法



# プローブ

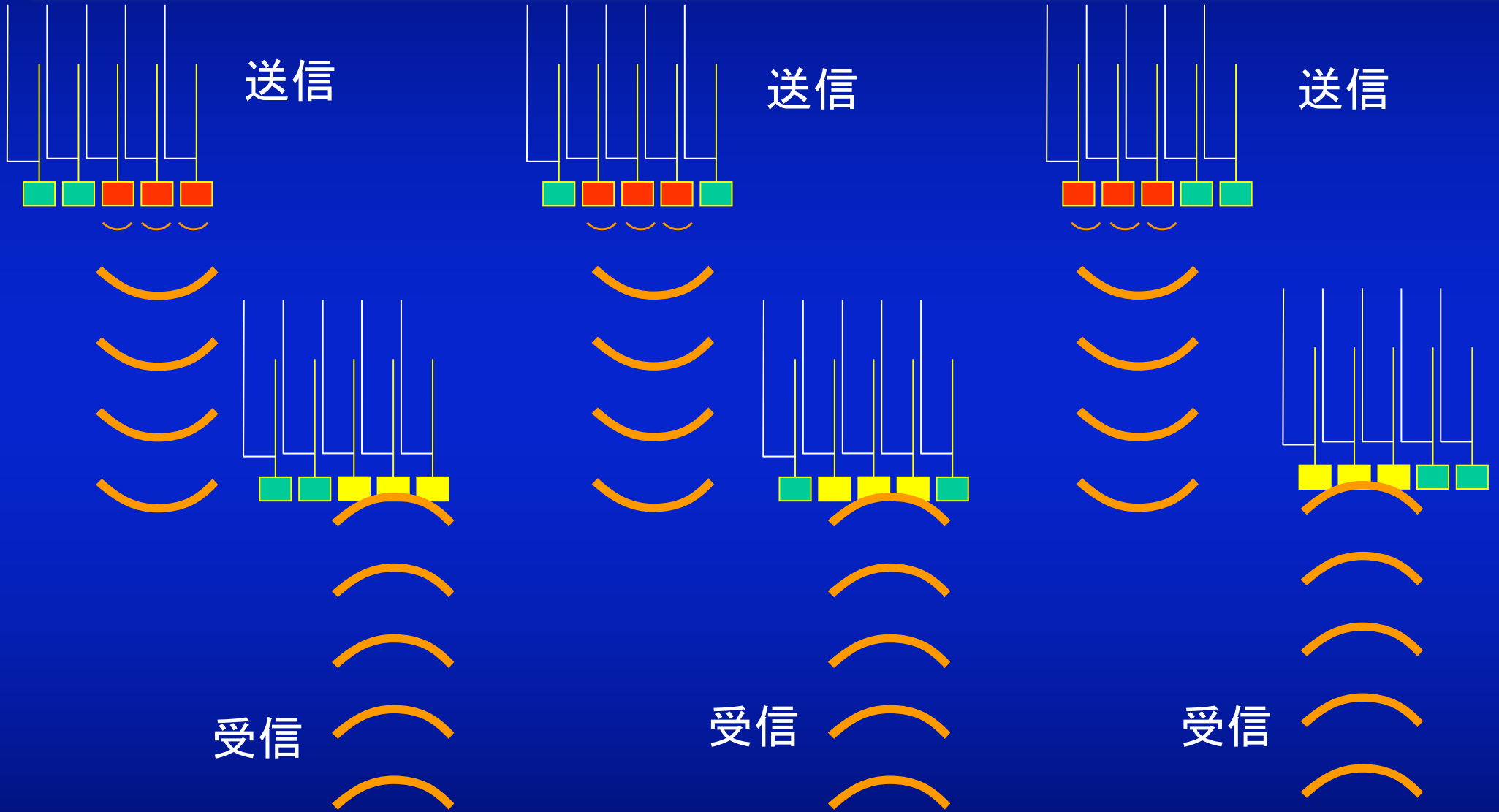
リニア

視野が均一





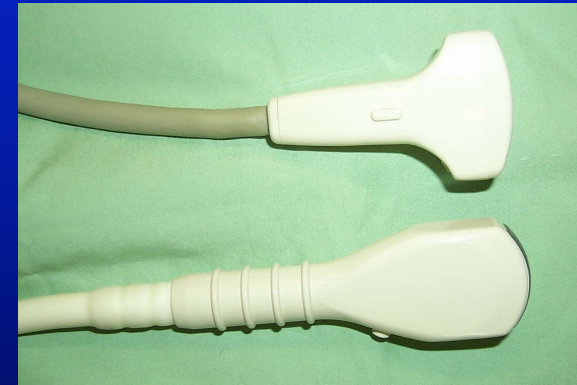
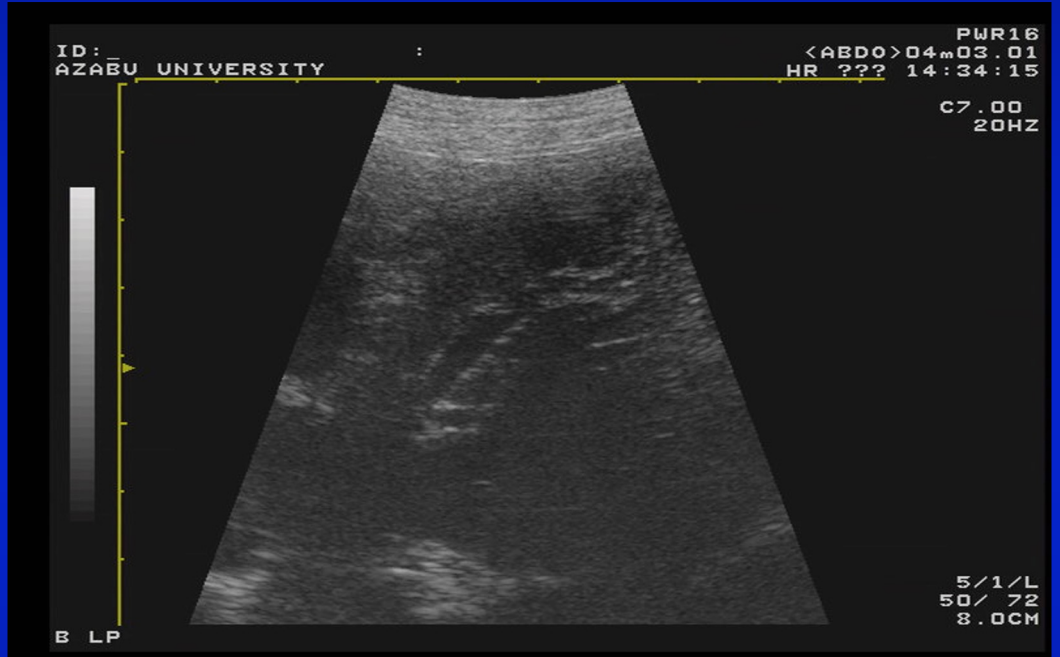
# リニア型プローブの送受信方法



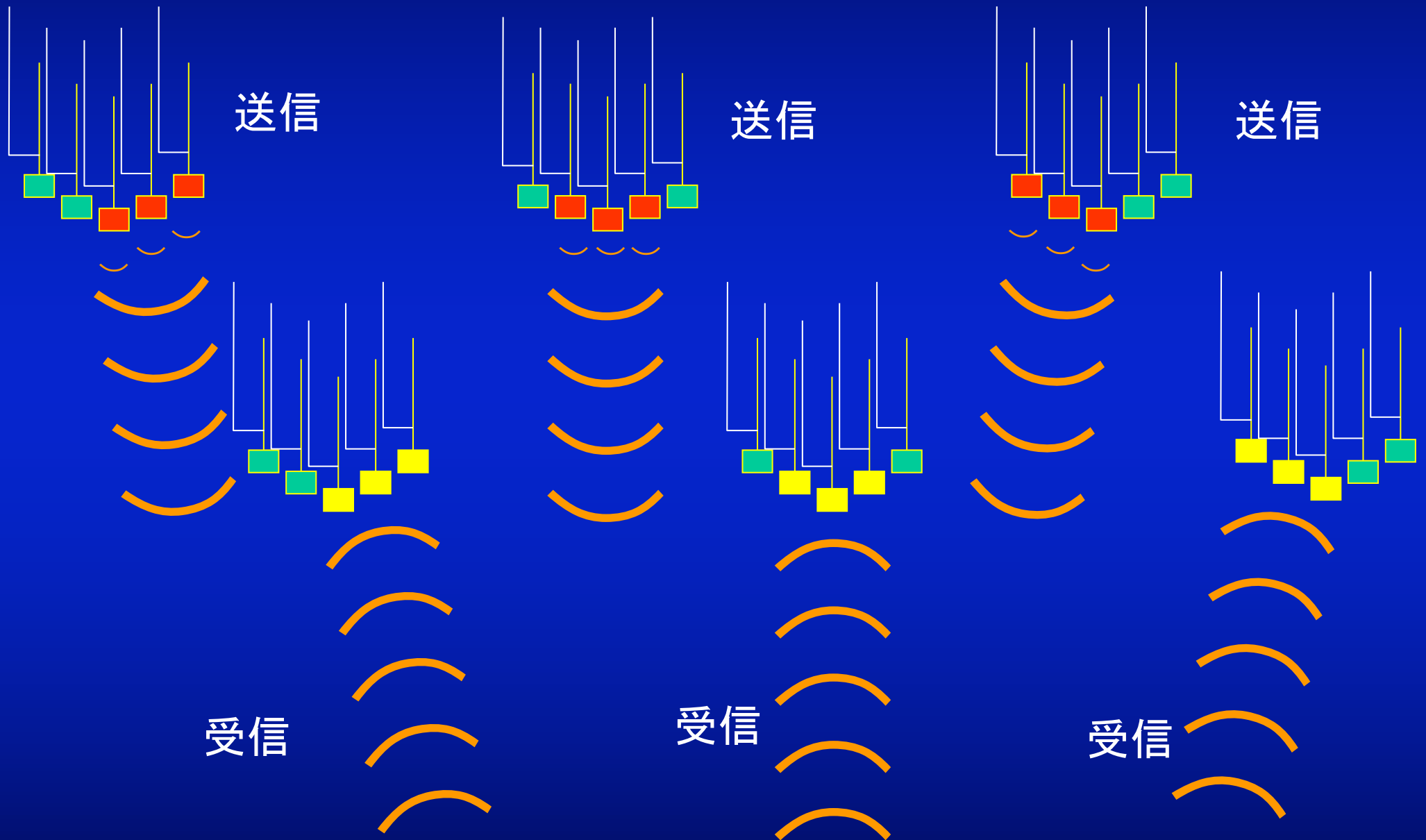
# プローブ

コンベックス

リニアとセクタの中間型

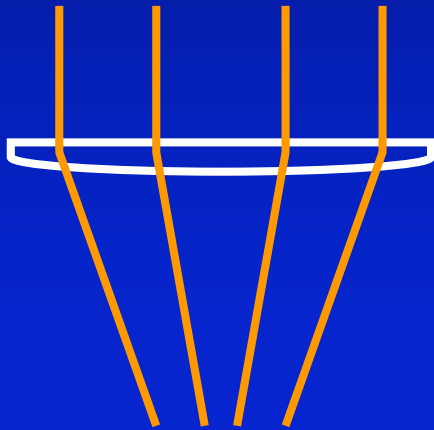


# コンベックス型プローブの送受信方法

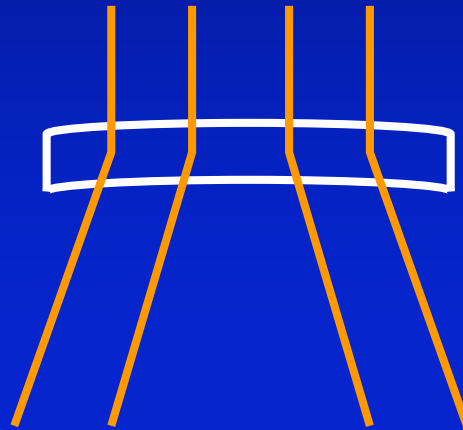


# 屈折

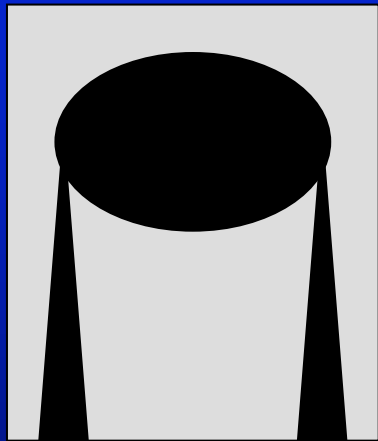
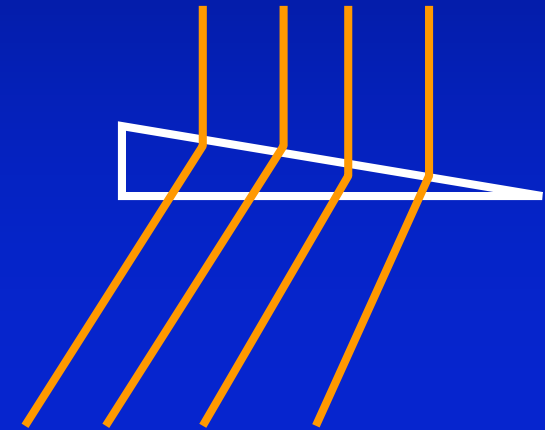
凸レンズ効果



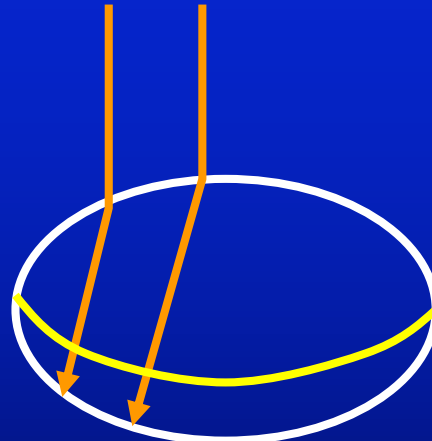
凹レンズ効果



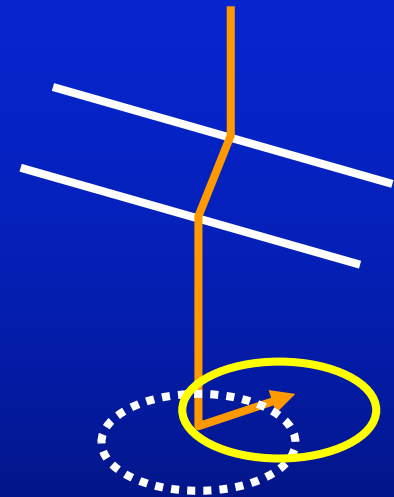
プリズム効果



ラテラルシャドー

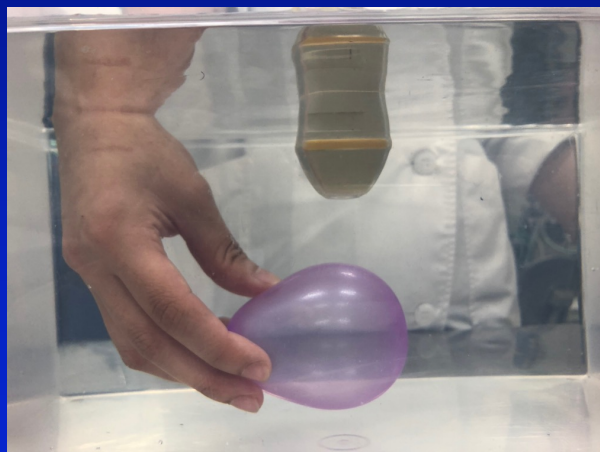


歪み



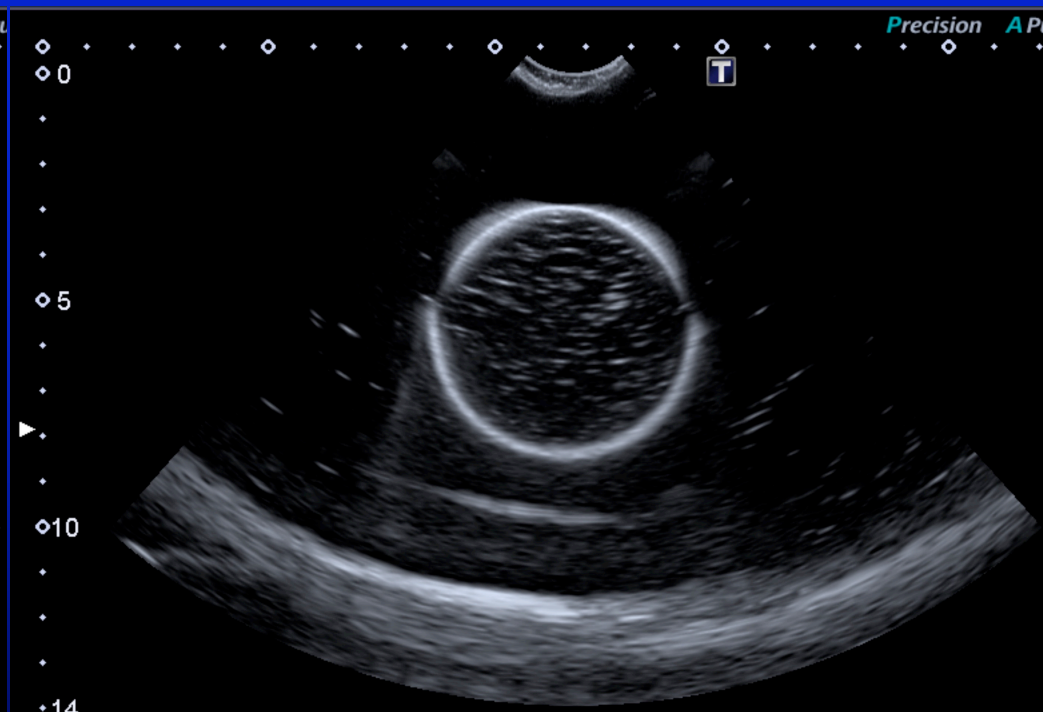
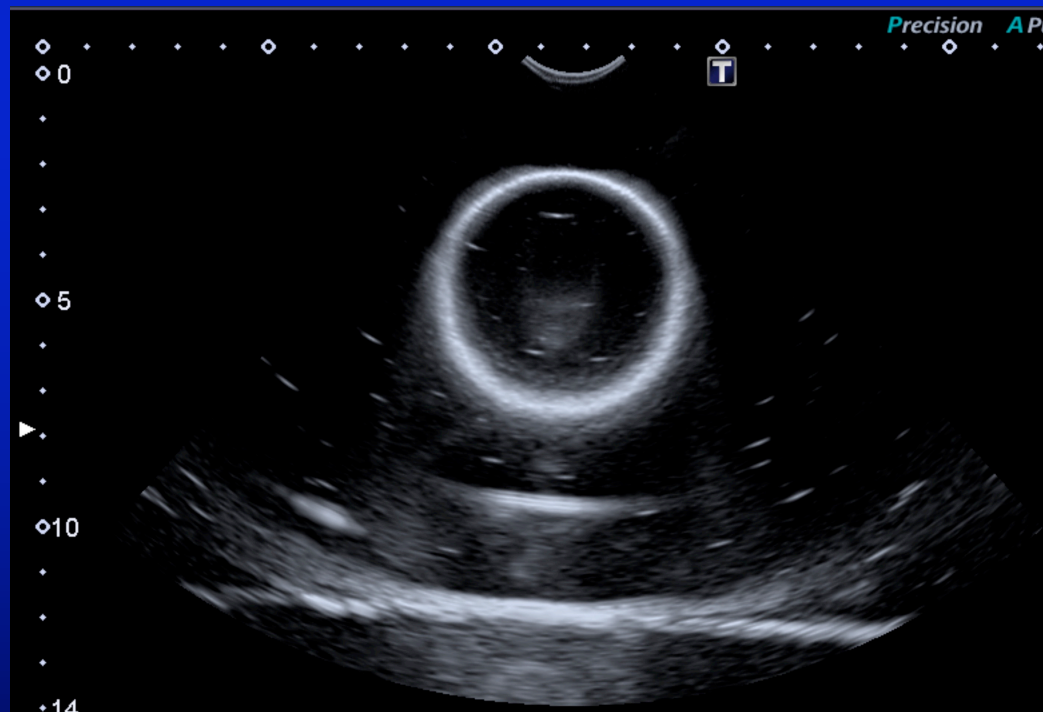
位置のずれ

# 屈折（凹レンズ効果による歪み）



水+水

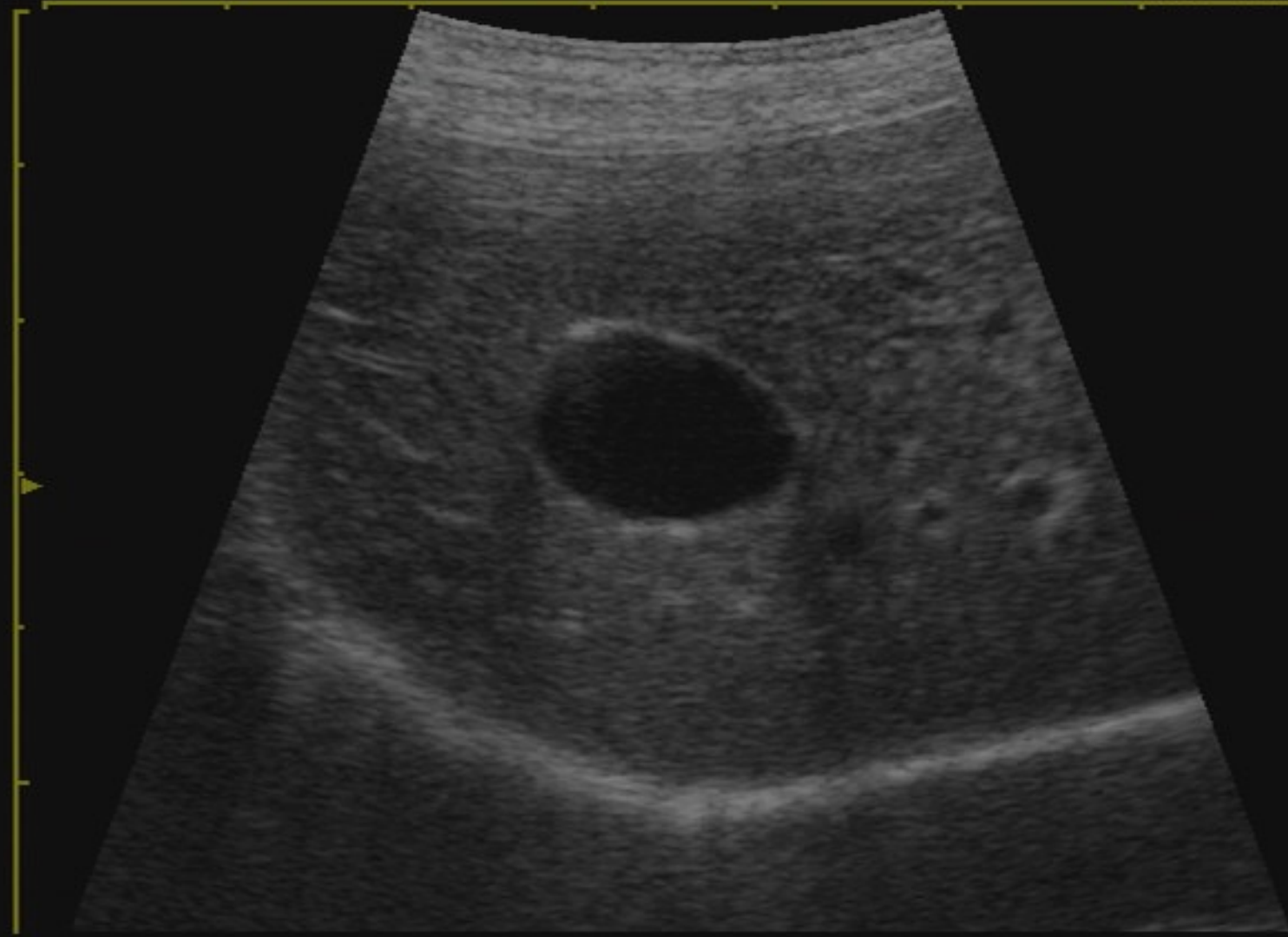
水+油



ID: \_  
AZABU UNIVERSITY

PWR16  
<ABDO>06m01.97  
HR 107 14:45:14

C7.00  
20HZ



B LP

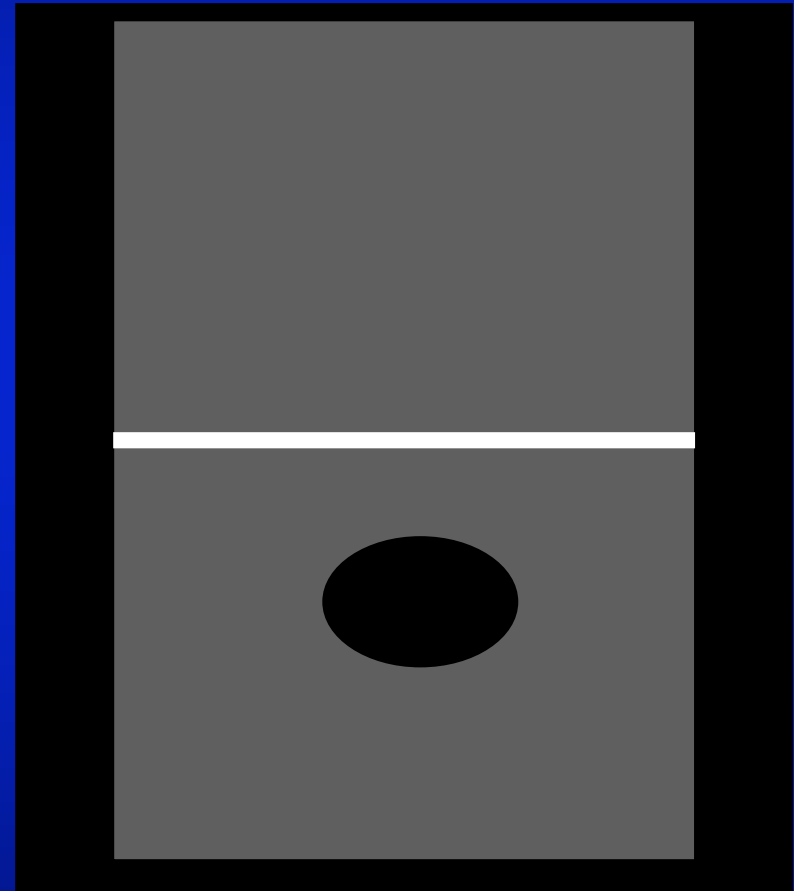
5/1/L  
50/ 84  
6.0CM

# 反射

## ミラーイメージ



超音波が反射によって方向が変化し、  
画像の深部に虚像を形成する。





ID: \_\_\_\_\_  
AZABU UNIVERSITY

PWR16  
<ABDO>06m01.97  
HR 129 14:48:14

C7.00  
20HZ

5/1/L  
50/ 84  
10.0CM

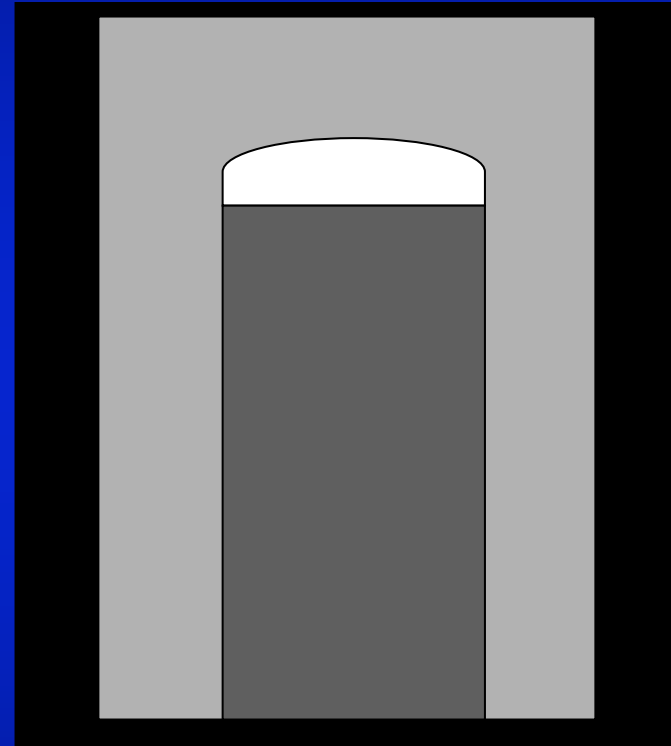
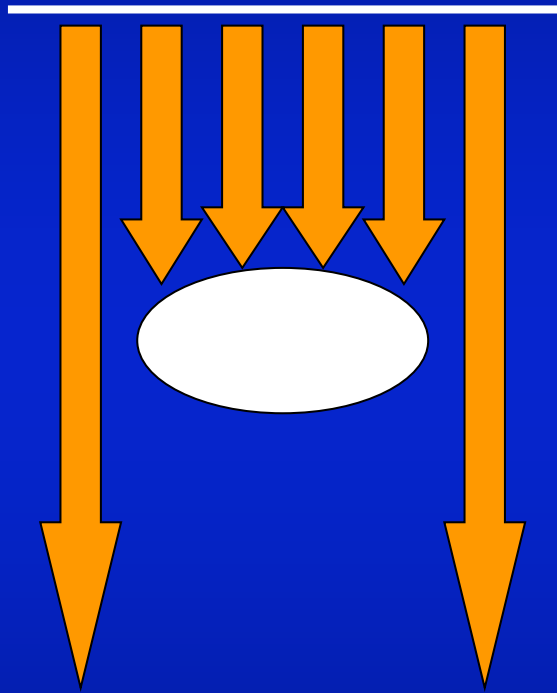
B LP





# 減衰

シャドー

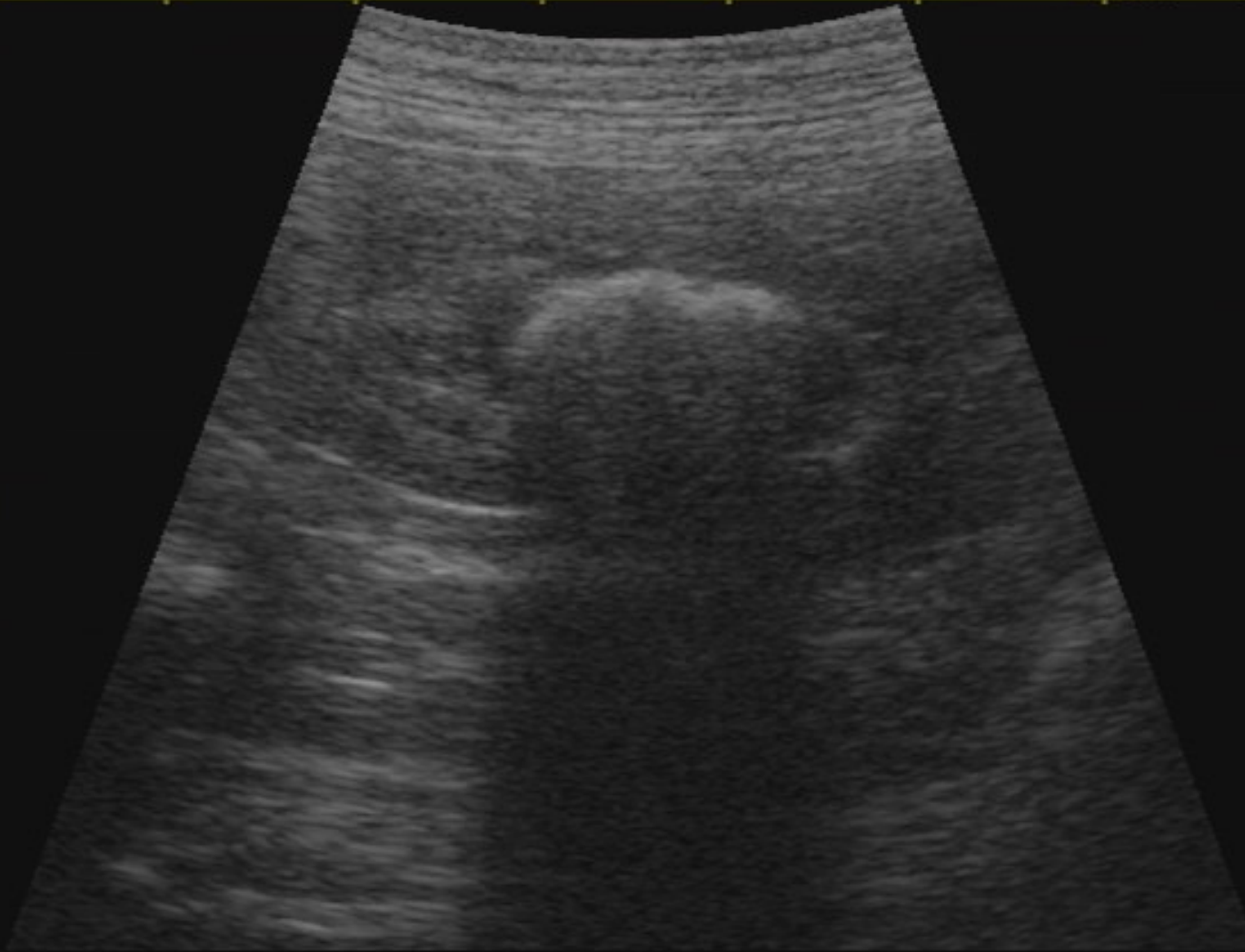


音響インピーダンスの大きく異なる物質の表面で超音波が吸収、散乱、拡散などの減衰を受け、深部の画像が構成されなくなる現象。

ID: \_  
AZABU UNIVERSITY

PWR16  
<ABDO>06m01.97  
HR 23 14:49:53

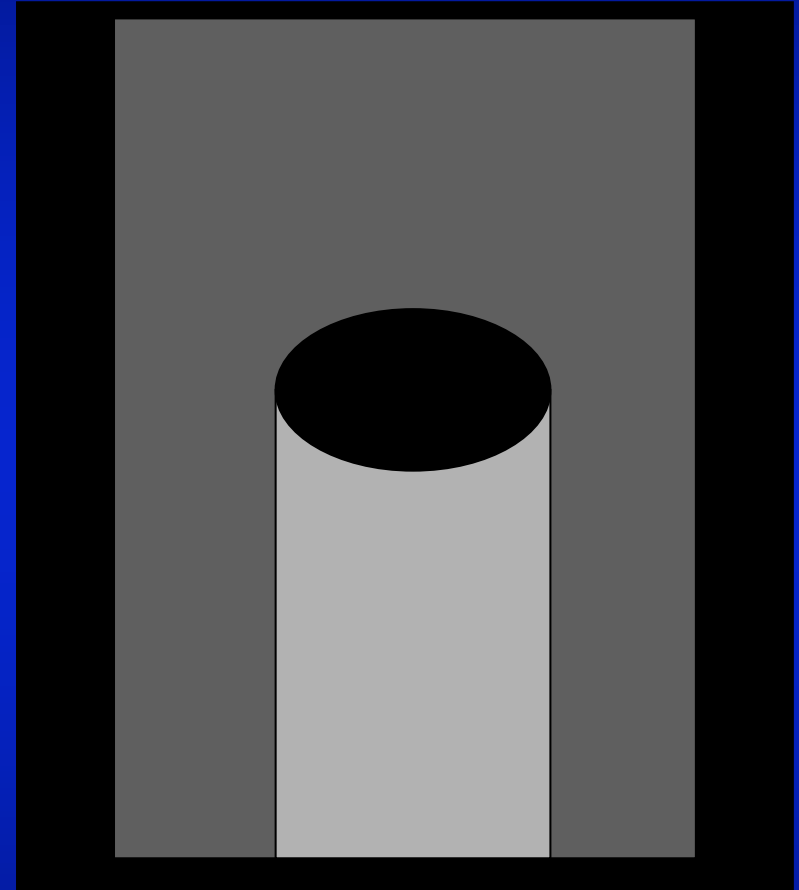
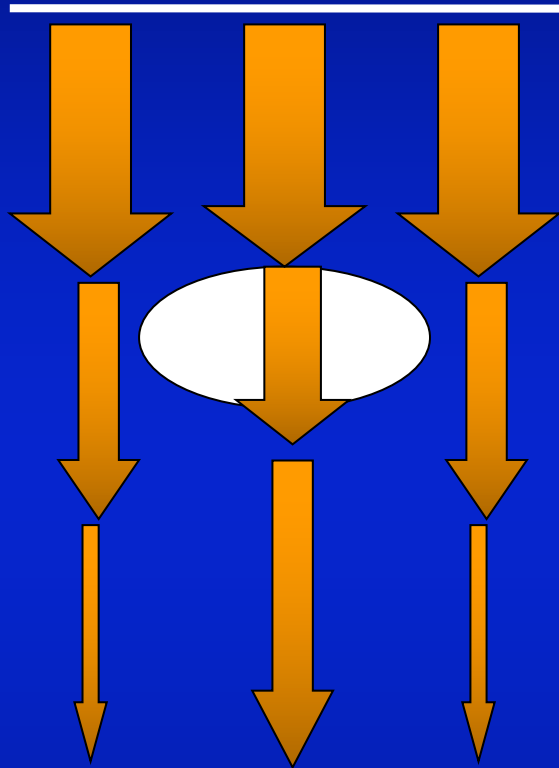
C7.00  
20HZ



5/1/L  
50/84  
6.0CM

B LP

# 増強



超音波が周りの組織より減衰しない物質を通過した場合、その後方では周囲より強い音響エネルギーが存在する。

: 011593

ALOKA  
2 03.05.02  
15:27:05  
10.0  
DVA: 100%

226/227  
23Hz

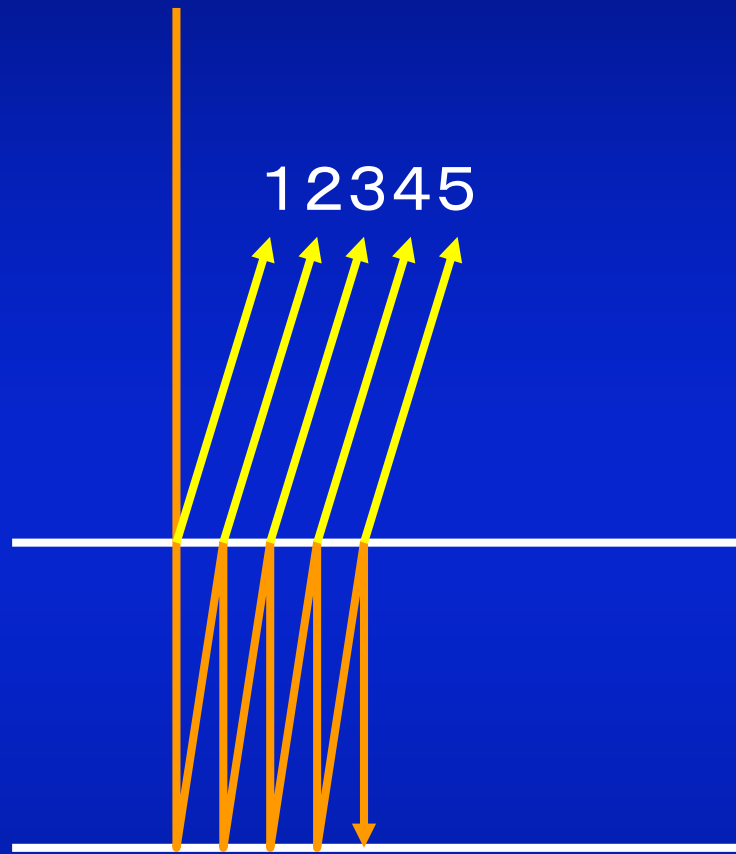
Liver

CYST

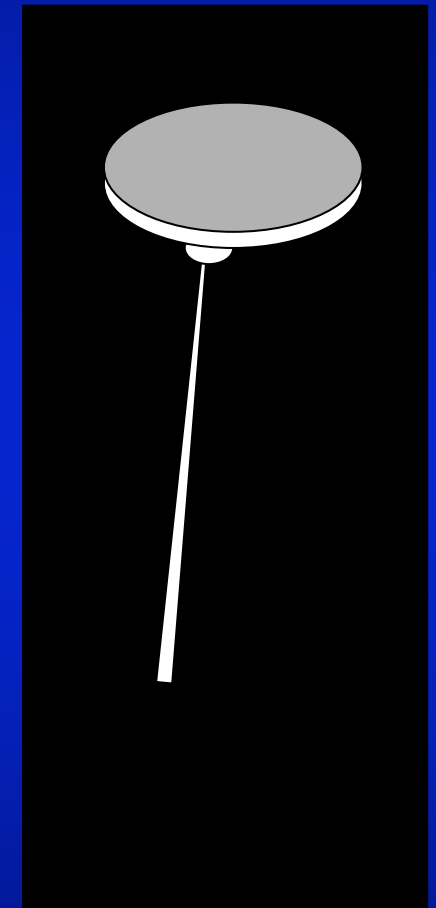
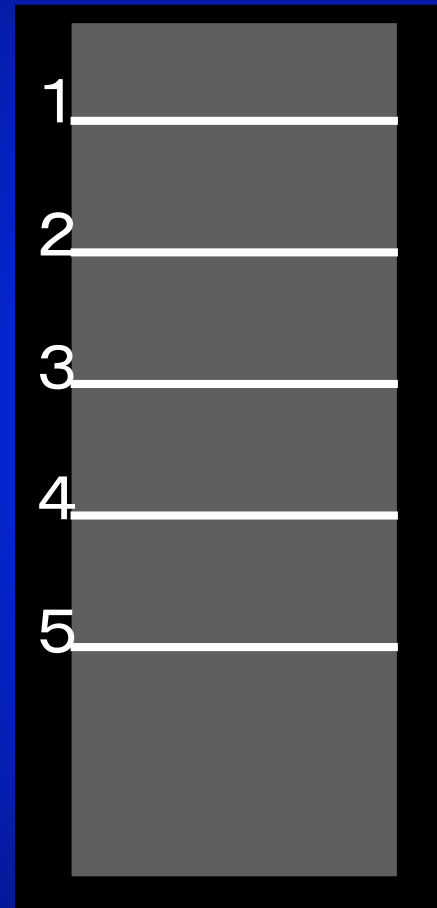
R06 G68 C3



# 多重反射



超音波が一定の間で反射を起こし、何回も往復する結果生じる。



コメットエコー

ALOKA Azabu Univ.

:170869

: Y

:17/11/21

:SEKINE MAME

11:03:12

100%

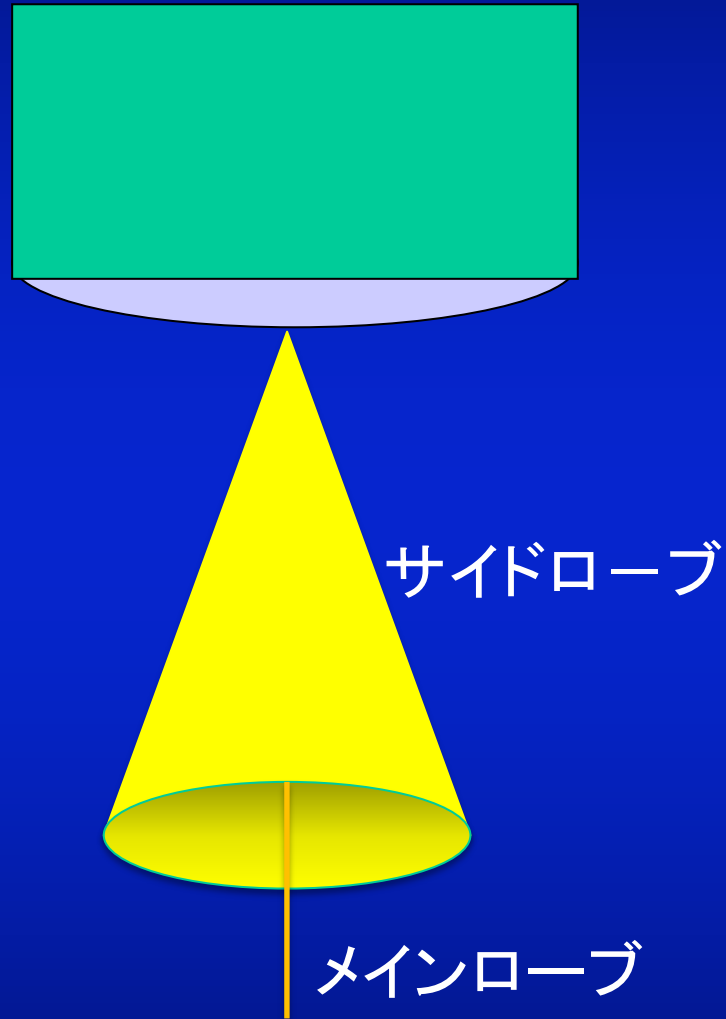
134/135  
42Hz



10.0M R4.5 G71 D72

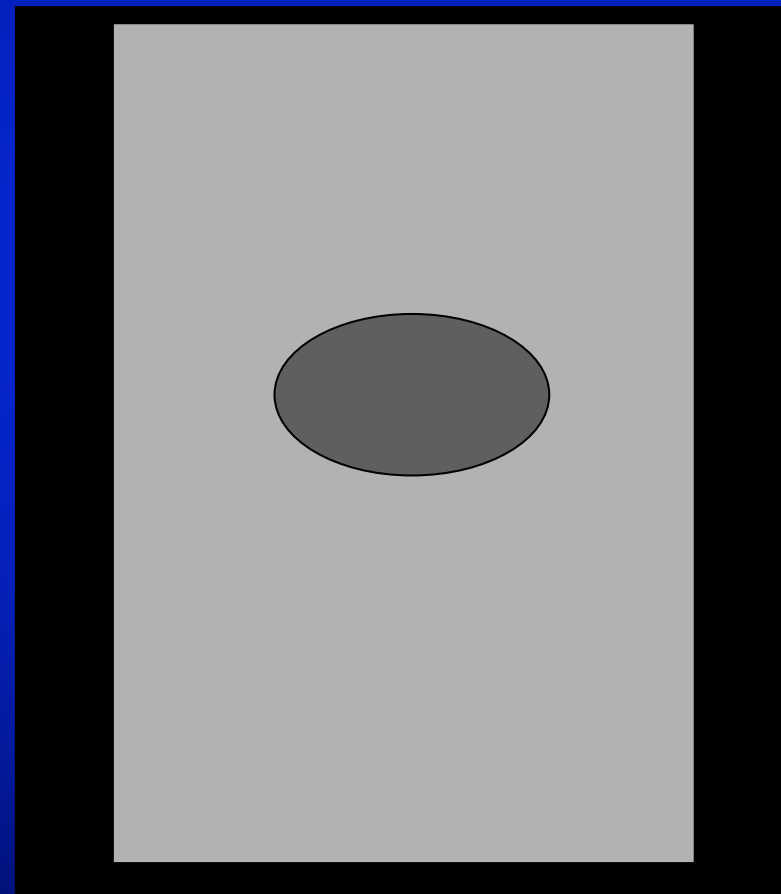
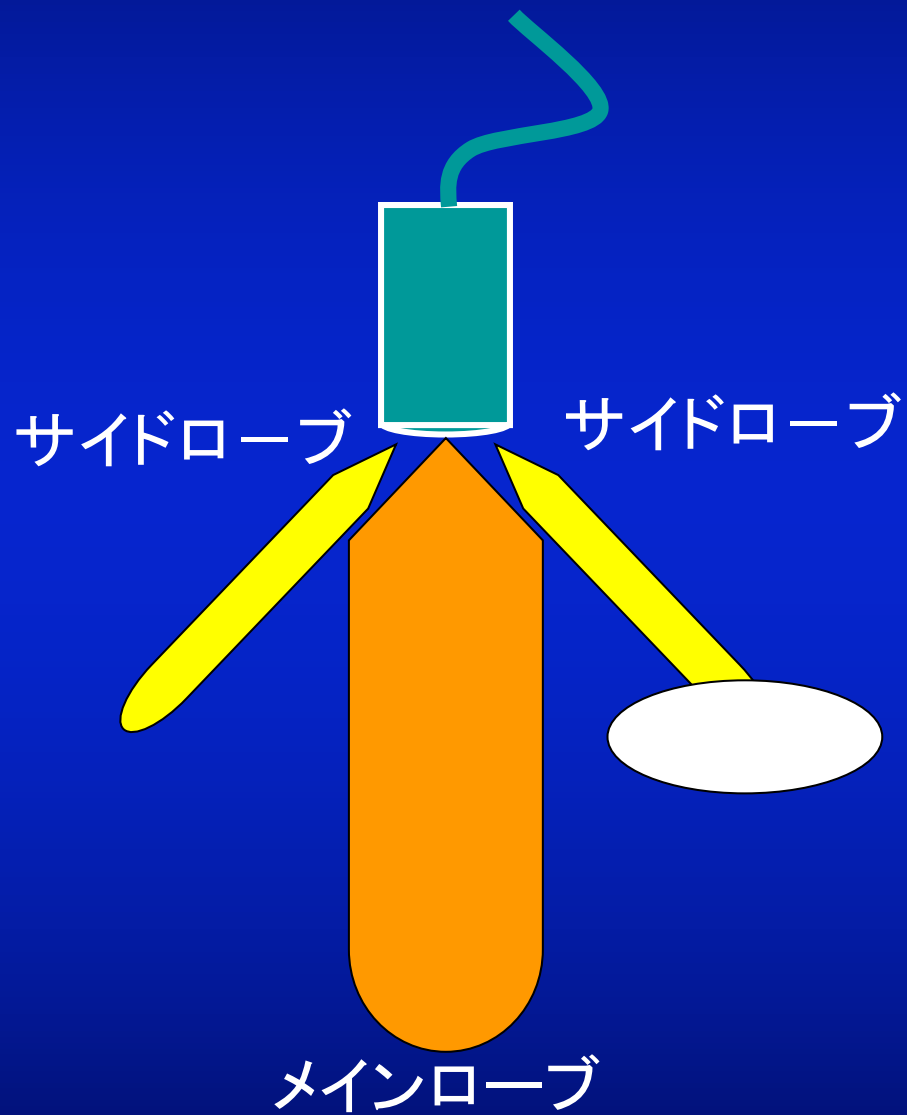
# メインローブとサイドローブ

---





# サイドローブ(断層面外)



ID: \_\_\_\_\_  
AZABU UNIVERSITY

PWR16  
<ABDO>06m28.98  
HR 21 11:23:42

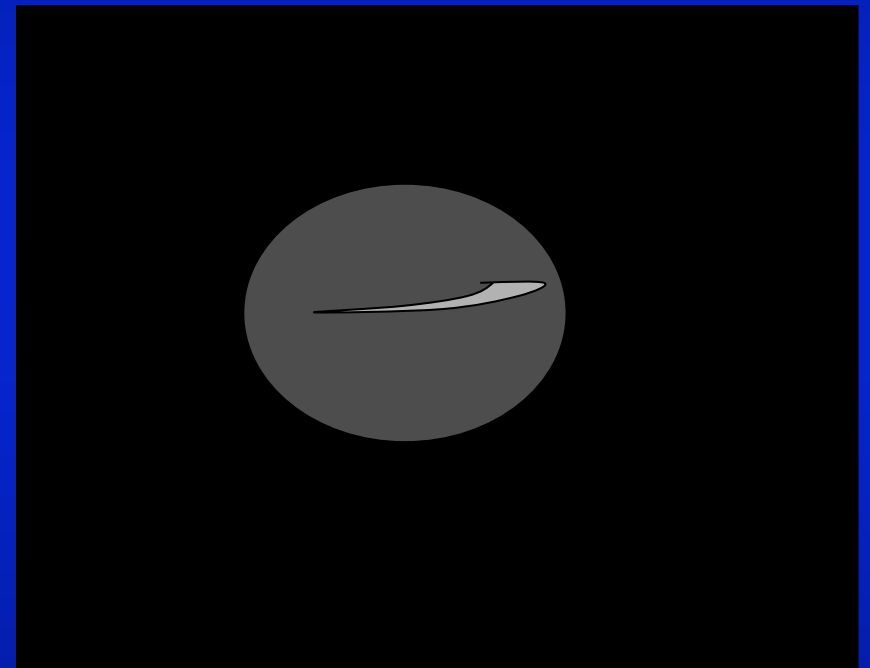
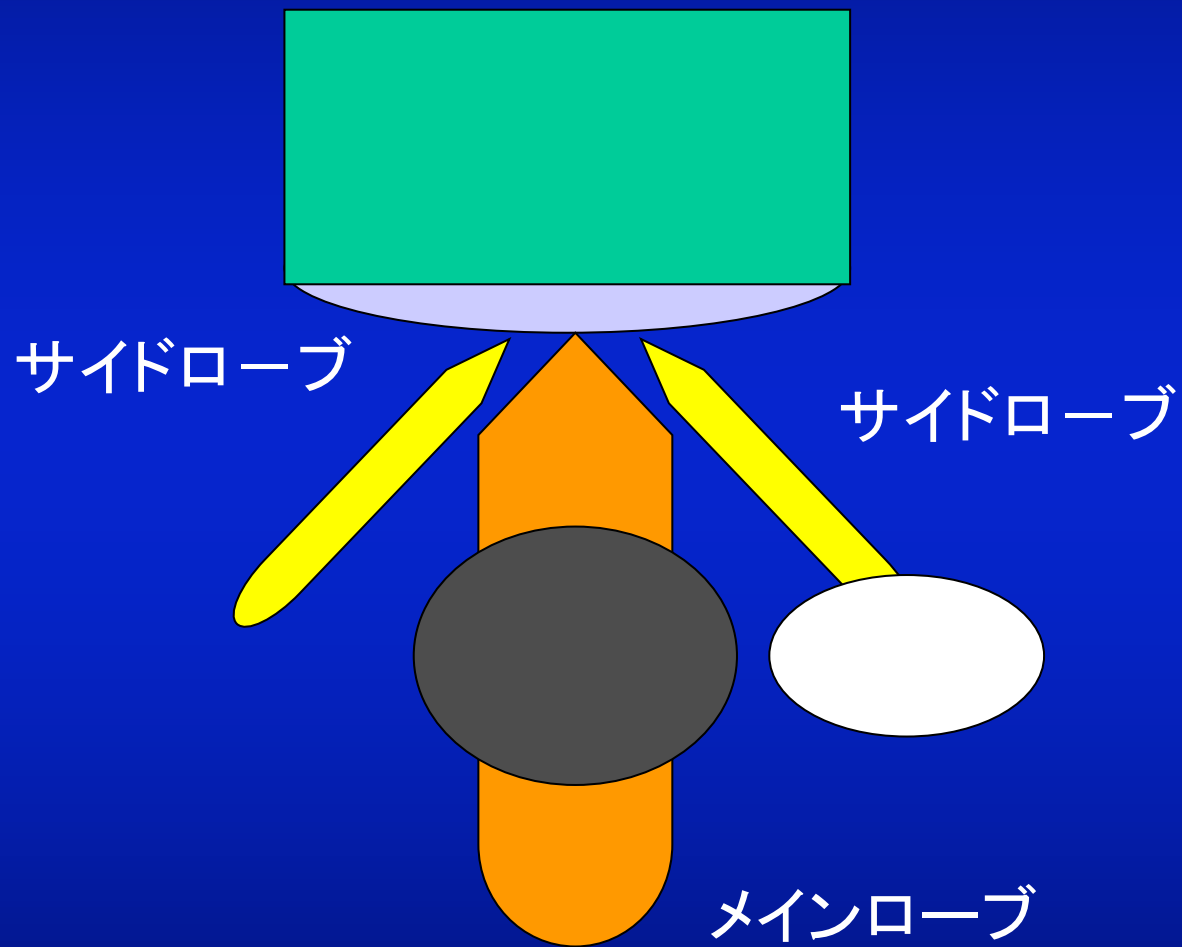
C7.00  
20HZ



5/1/L  
50/80  
8.0CM

B LP

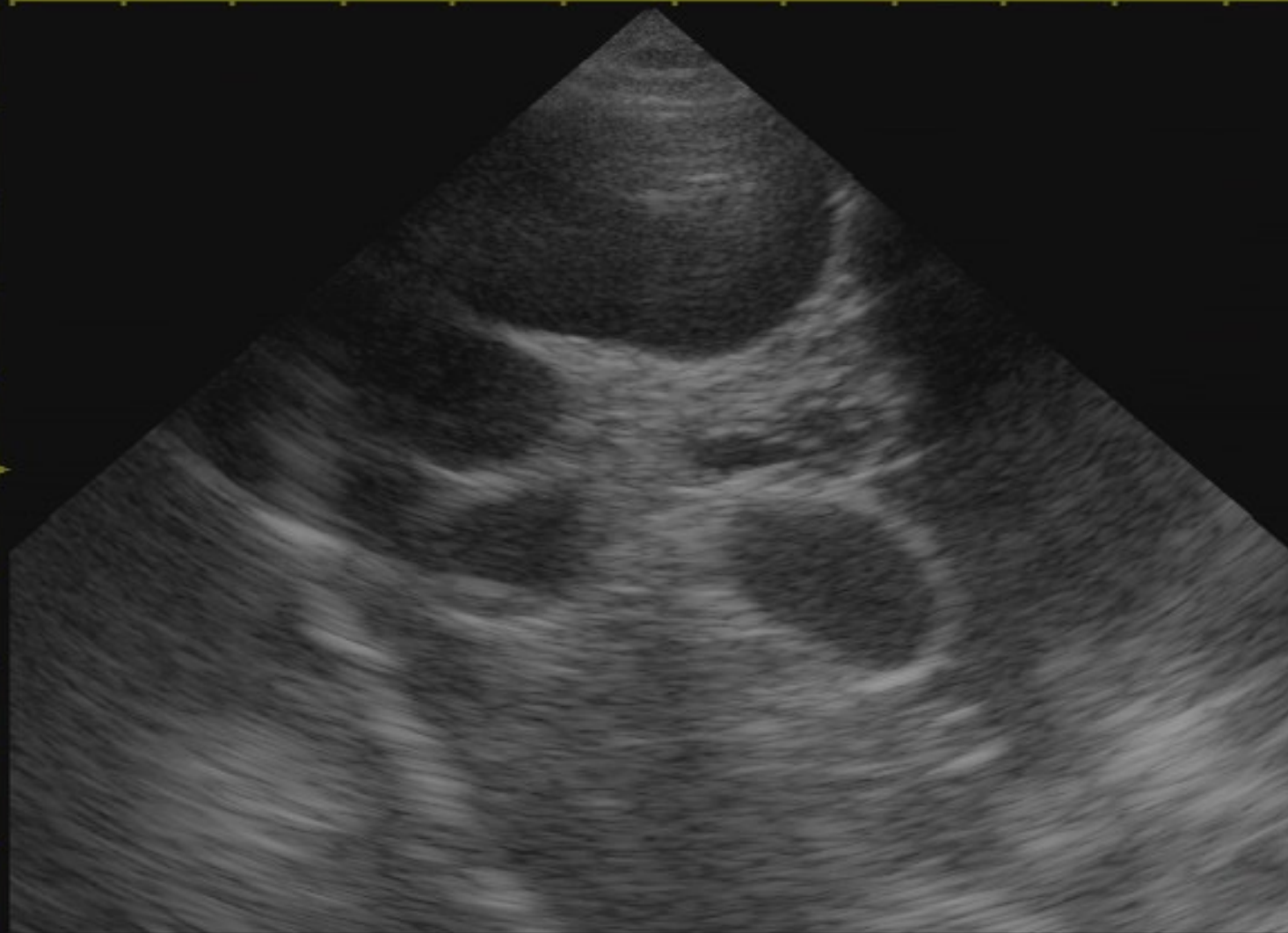
# サイドローブ(断層面内)



ID: \_  
AZABU UNIVERSITY

PWR16  
<ABDO>03m31.97  
11:16:28

S5.00  
16HZ



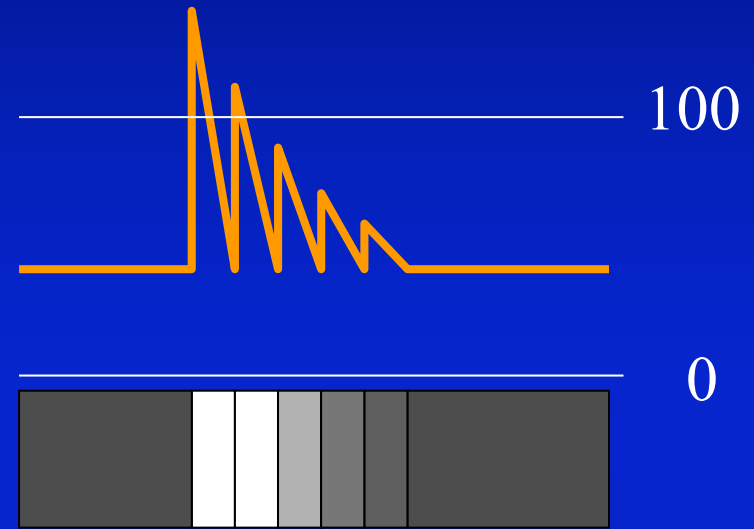
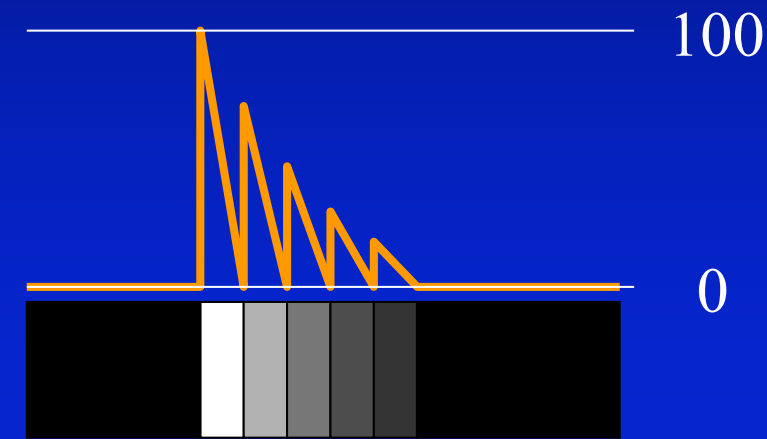
5/1/L  
50/84  
10.0CM

B LP

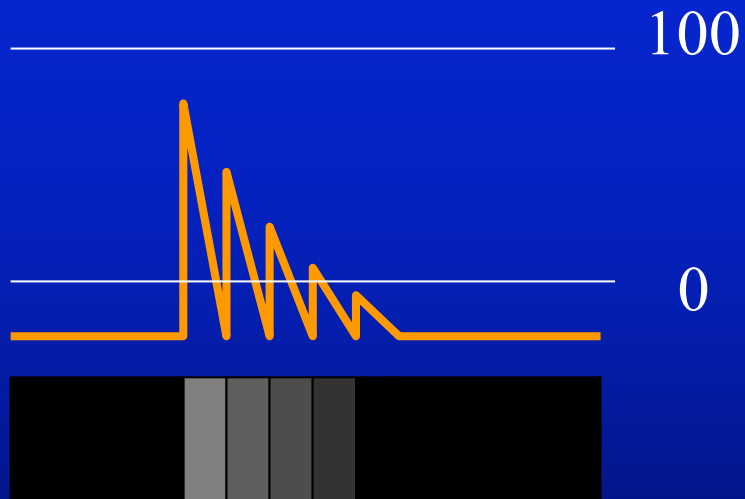


# ブライトネス

## 画面全体の明るさ決定する因子



ブライトネスを上げた場合



ブライトネスを下げた場合

ブライトネスは部屋の明るさ  
によって調節する

# ブライトネス



ブライトネス低い



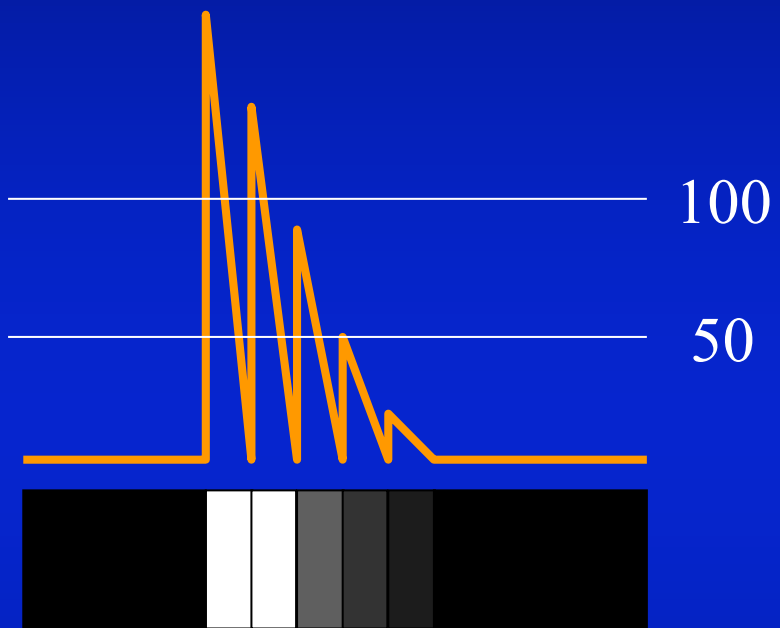
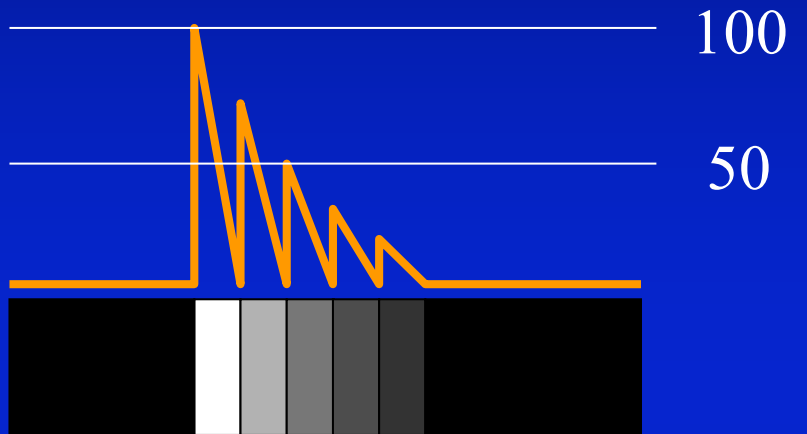
ブライトネス高い



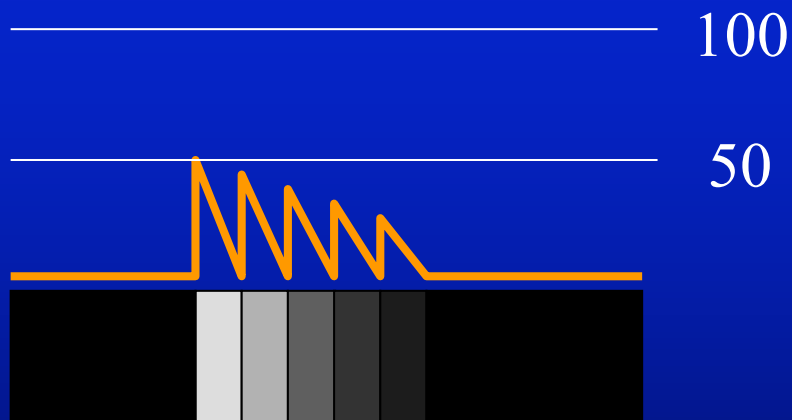


# コントラスト

## 画面全体の白黒の差を決定する因子



コントラストを上げた場合



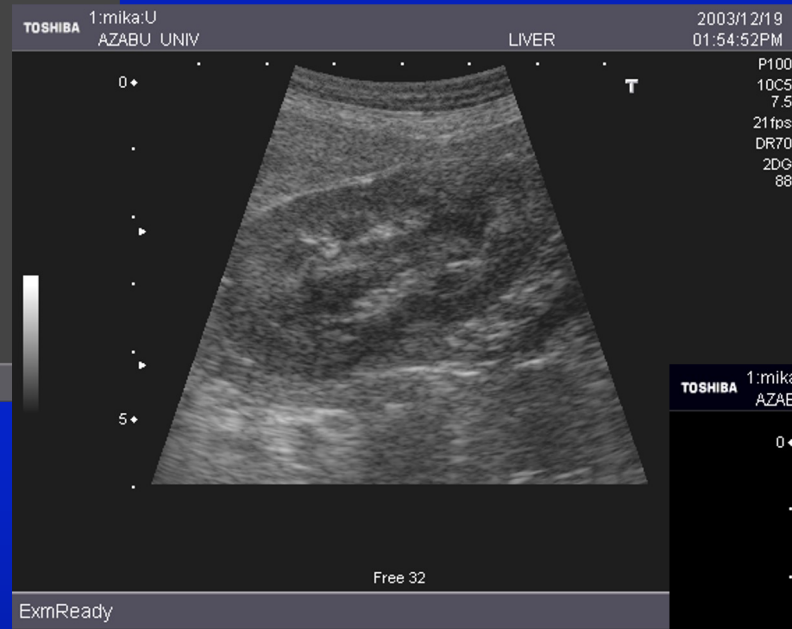
コントラストを下げた場合

コントラストは  
好みに調節する

# コントラスト



コントラスト低い



コントラスト高い



ゲイン

# 画像の明るさを変える機能

超音波の信号のみを変化させる  
モニター上でのブライトネスと同様の原理





ゲイン低い



ゲイン高い





## STCまたはTGC

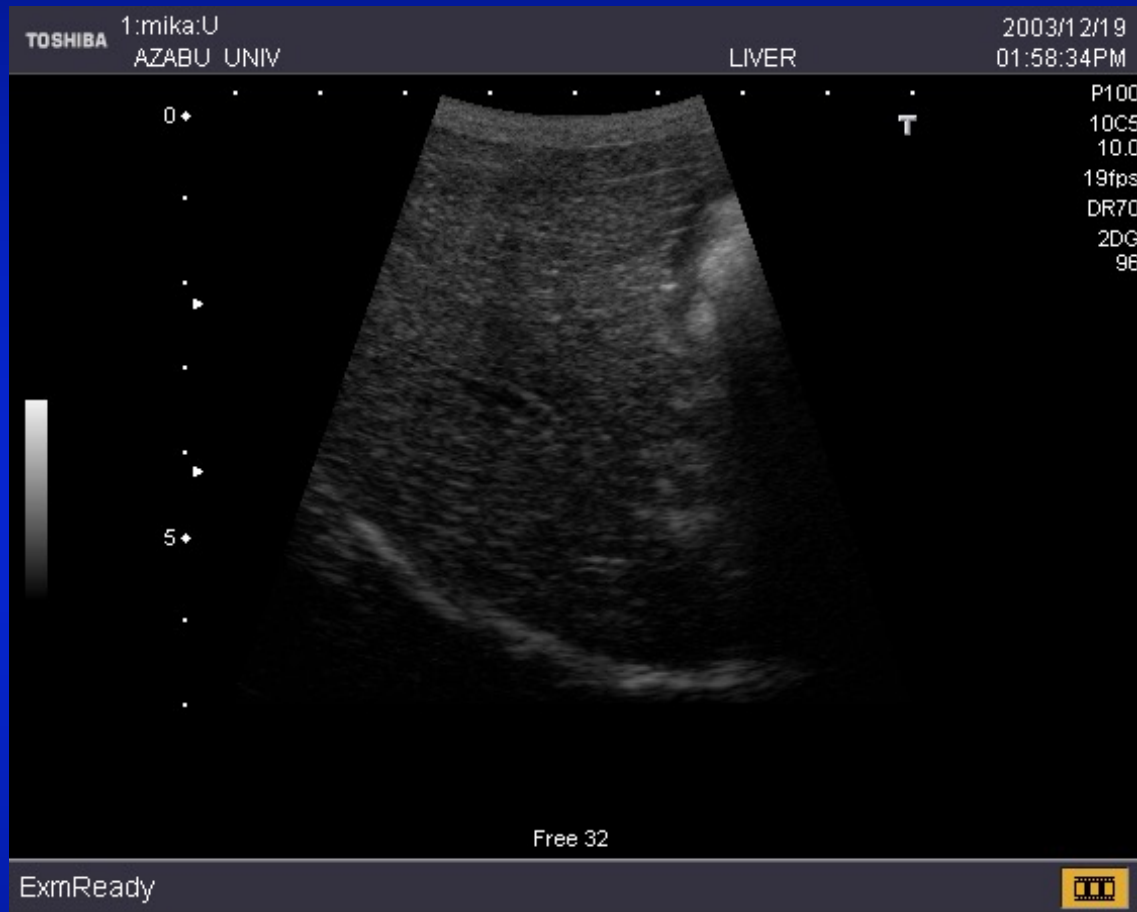
STC (Sensitivity Time Control)

TGC (Time Gain Compensation)

どちらも同様の機能で、  
深度に合わせてゲインを調節する

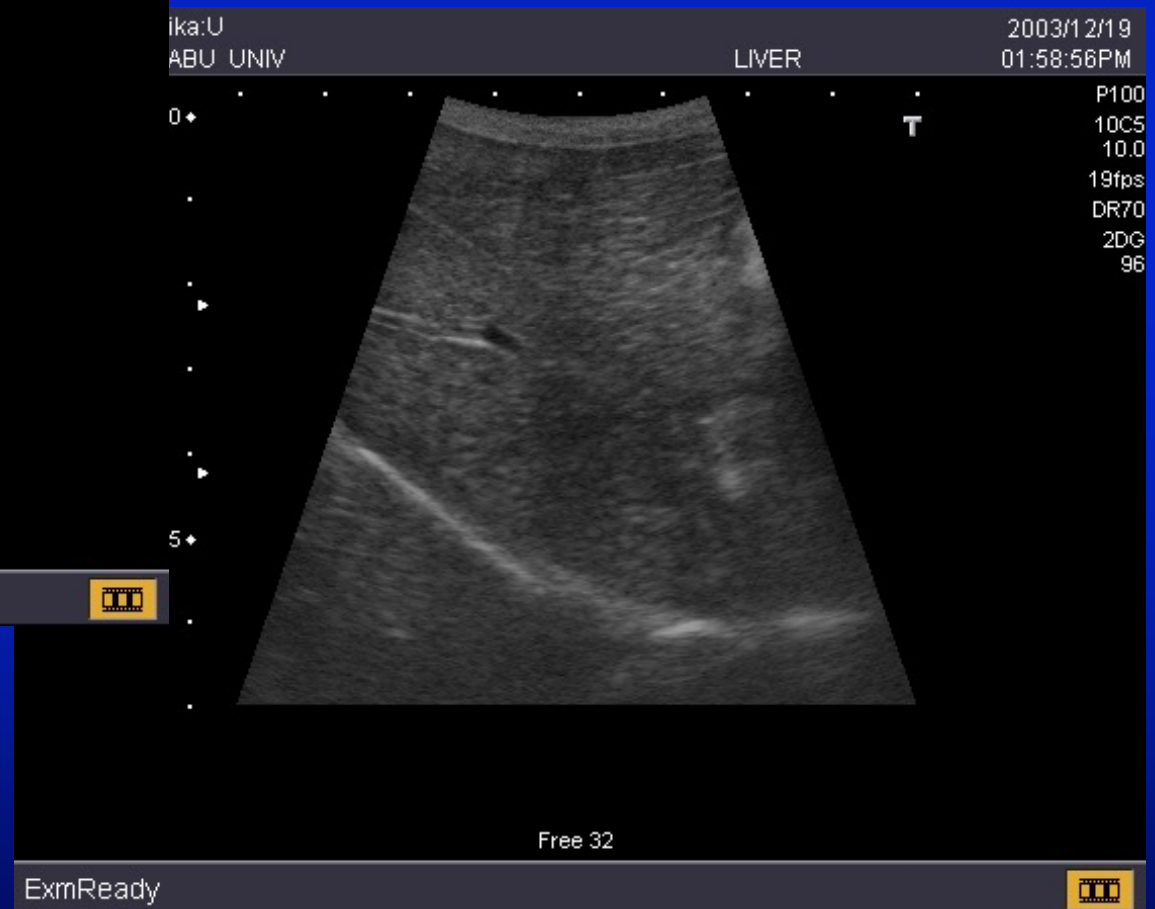


# STC



STC なし

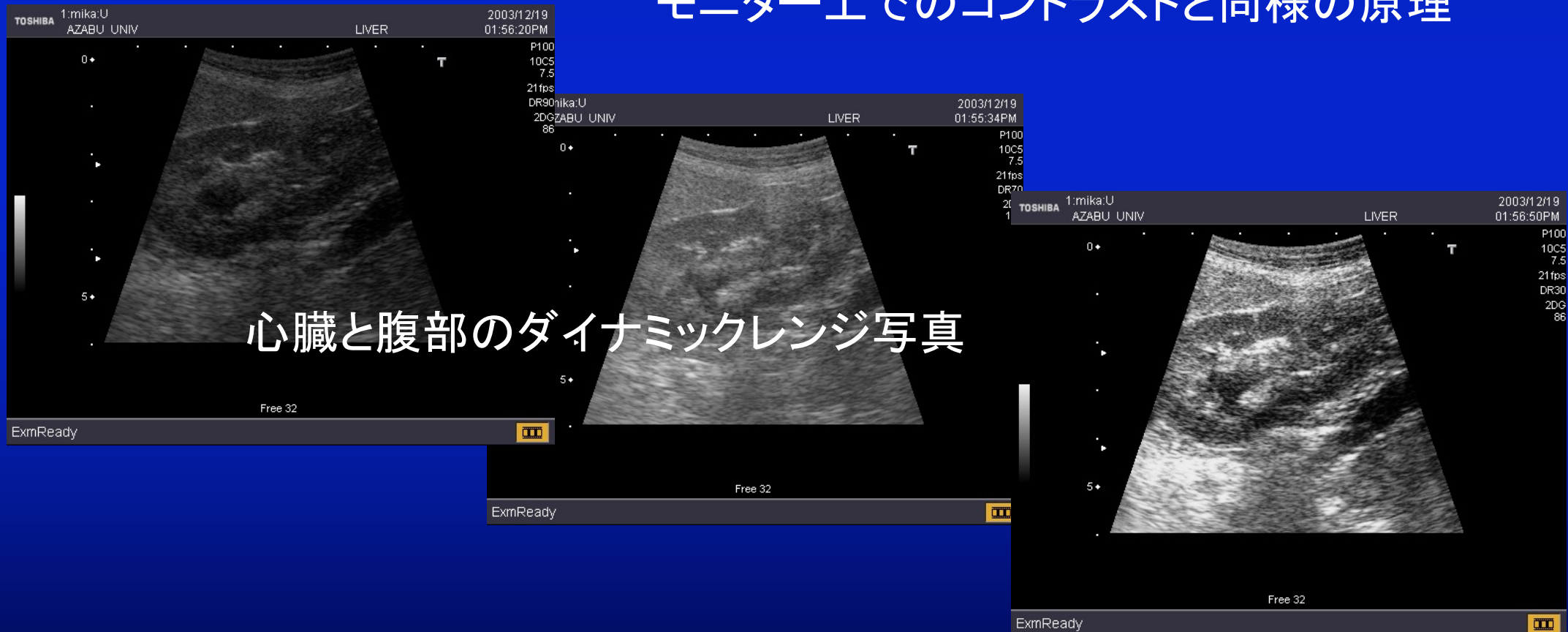
STC あり



# ダイナミックレンジ

心臓 40~50dB  
腹部 50~60dB

画像のコントラストを調節する機能  
超音波の信号の差のみを強調  
モニター上でのコントラストと同様の原理





## フレームレート

1秒間に何枚の画像を構成するかをHzまたはFPSで表示

例： 16Hz(FPS)

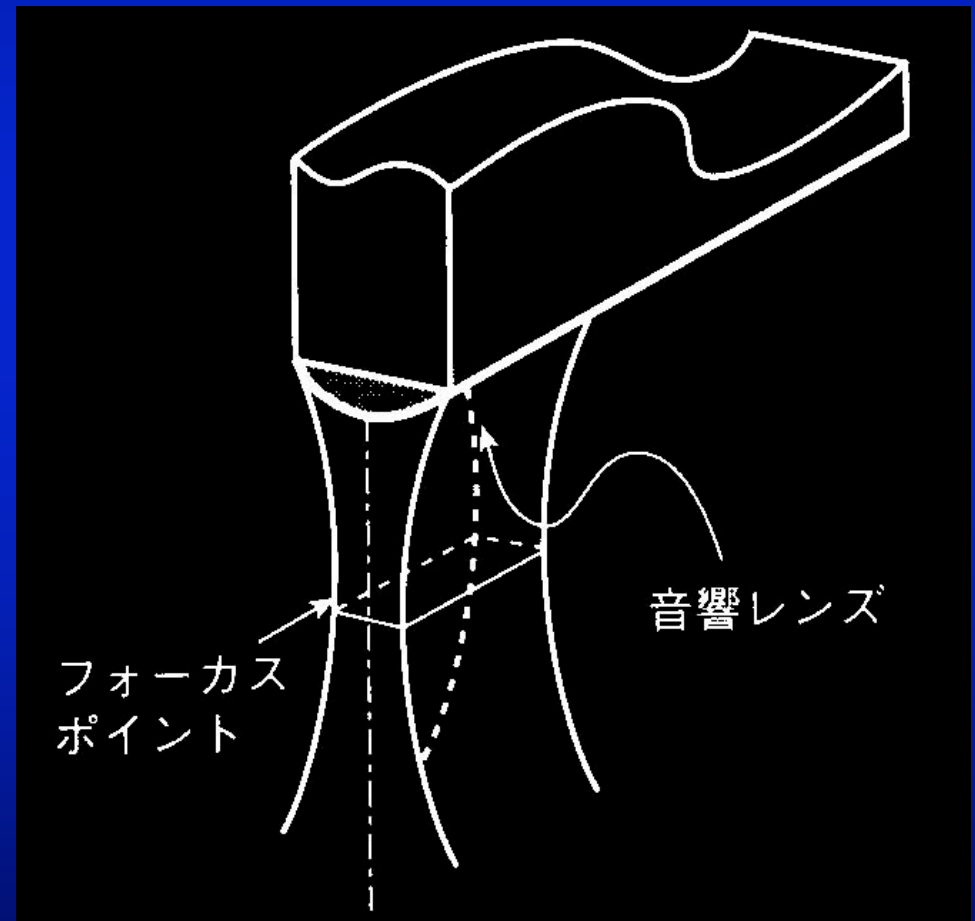
1秒間に16枚の画像で動画を構成

- 走査線数(線密度、走査角度／幅)
- 複数ビーム形成法(2方向受信等)の有無
- 送信フォーカス(ダイナミックフォーカス)の段数
- 各モードの同時使用(B／M、B／PW等)

## フォーカス

プローブから送信された超音波が最も絞り込まれた部位  
フォーカスの位置が最もシャープな画像となる

プローブの音響レンズによって  
収束されるスライス方向のフォーカス  
(プローブによって異なる)

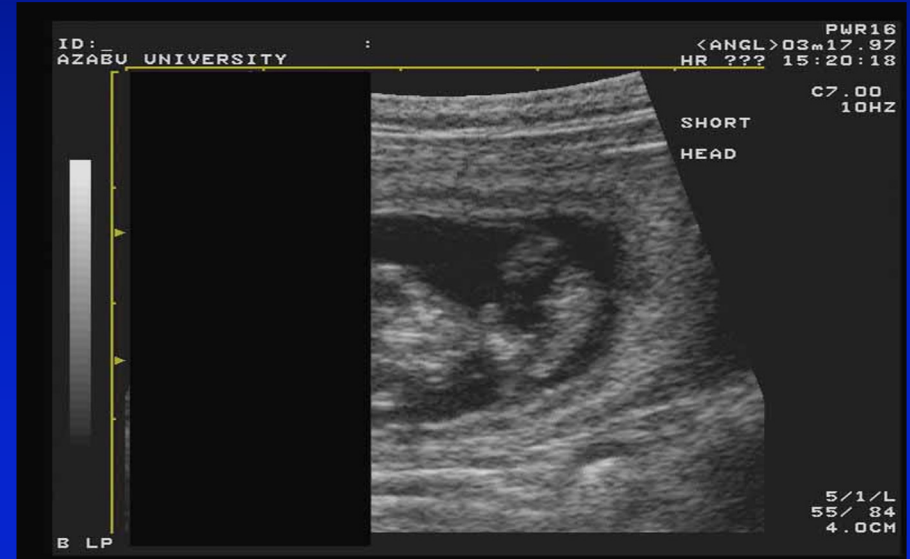


電子フォーカス プローブから送信された超音波が最も絞り込まれた部位  
フォーカスの位置が最もシャープな画像となる



素子の超音波が送信されるタイミングを機械で調整する。  
スライス面と直角方向に超音波ビームを絞り込む。

# 一段フォーカスの画像構成



# 二段フォーカスの画像構成



## 音響カップリング

超音波は極端に音響インピーダンスの異なる物質の境界面では完全に反射してしまう(例:水と空気)。

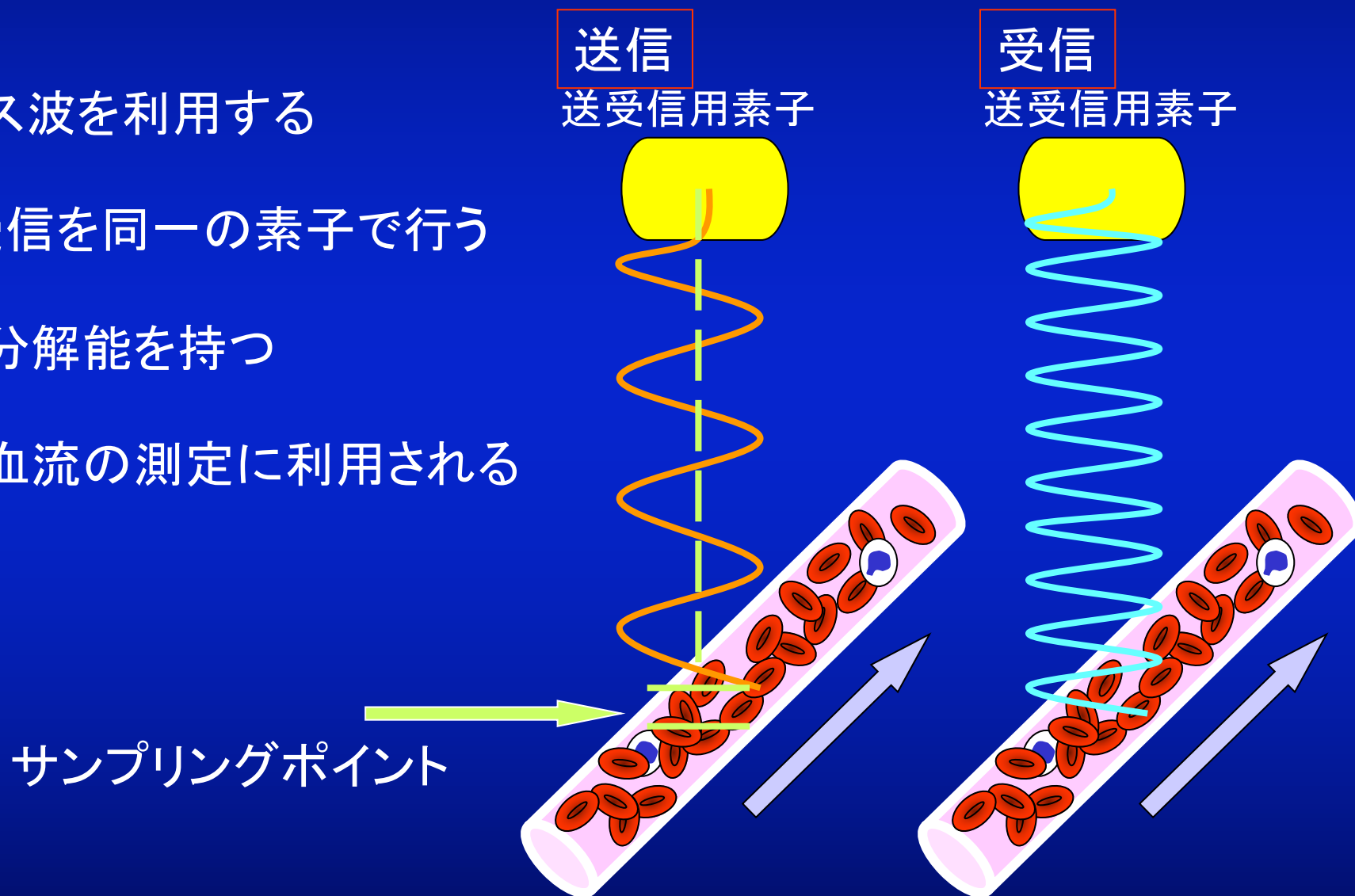
プローブのレンズ面と体表面の間の空気が画像を劣化

被毛の処理、超音波ゼリー、グリセリン、  
水、消毒用アルコール等を心がける

被毛の処理、超音波ゼリー、消毒用アルコール、スタンドオフパッド

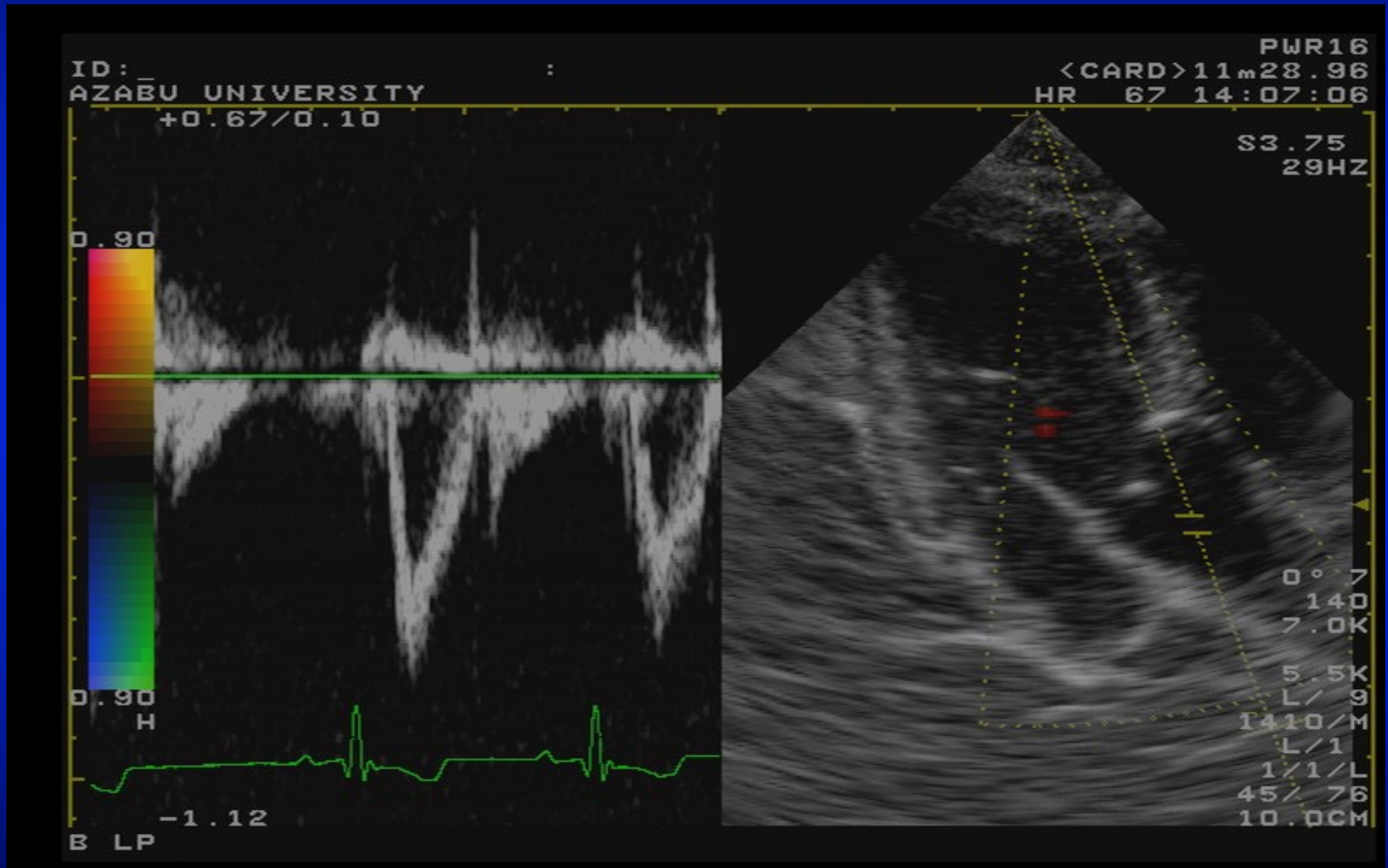
# パルスドプラ法

- パルス波を利用する
- 送・受信を同一の素子で行う
- 距離分解能を持つ
- 低速血流の測定に利用される



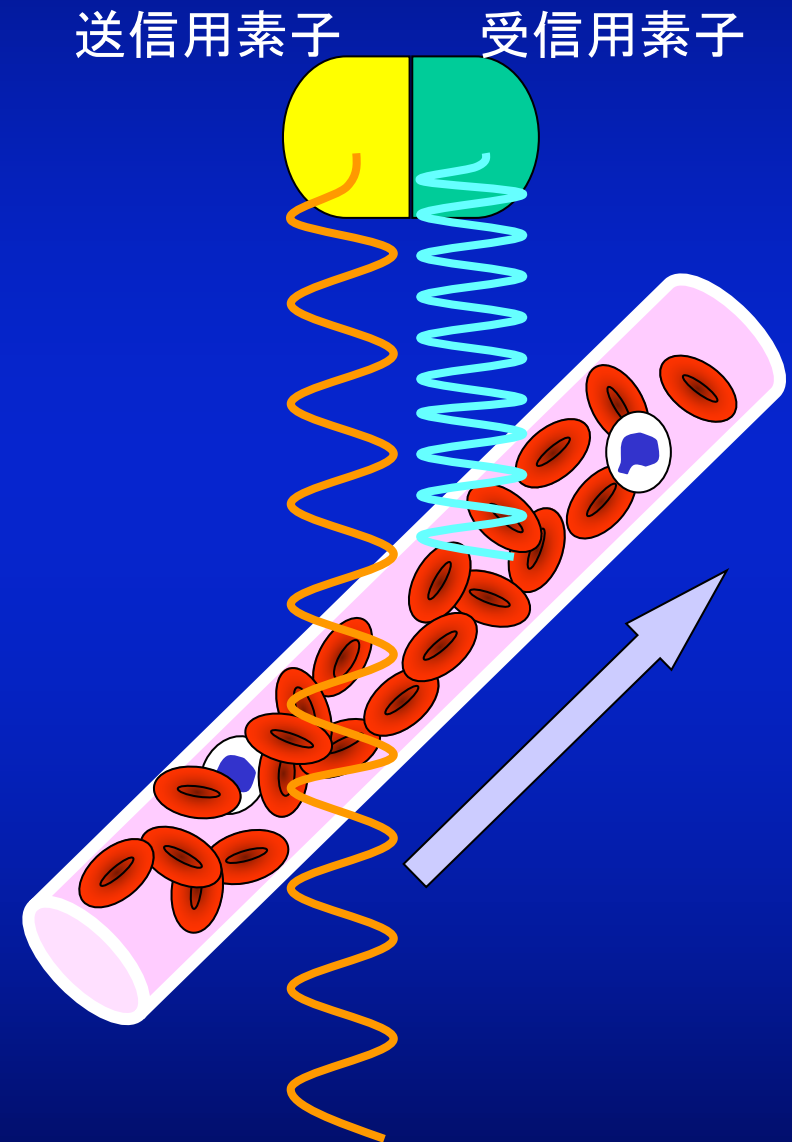


# パルスドプラ法

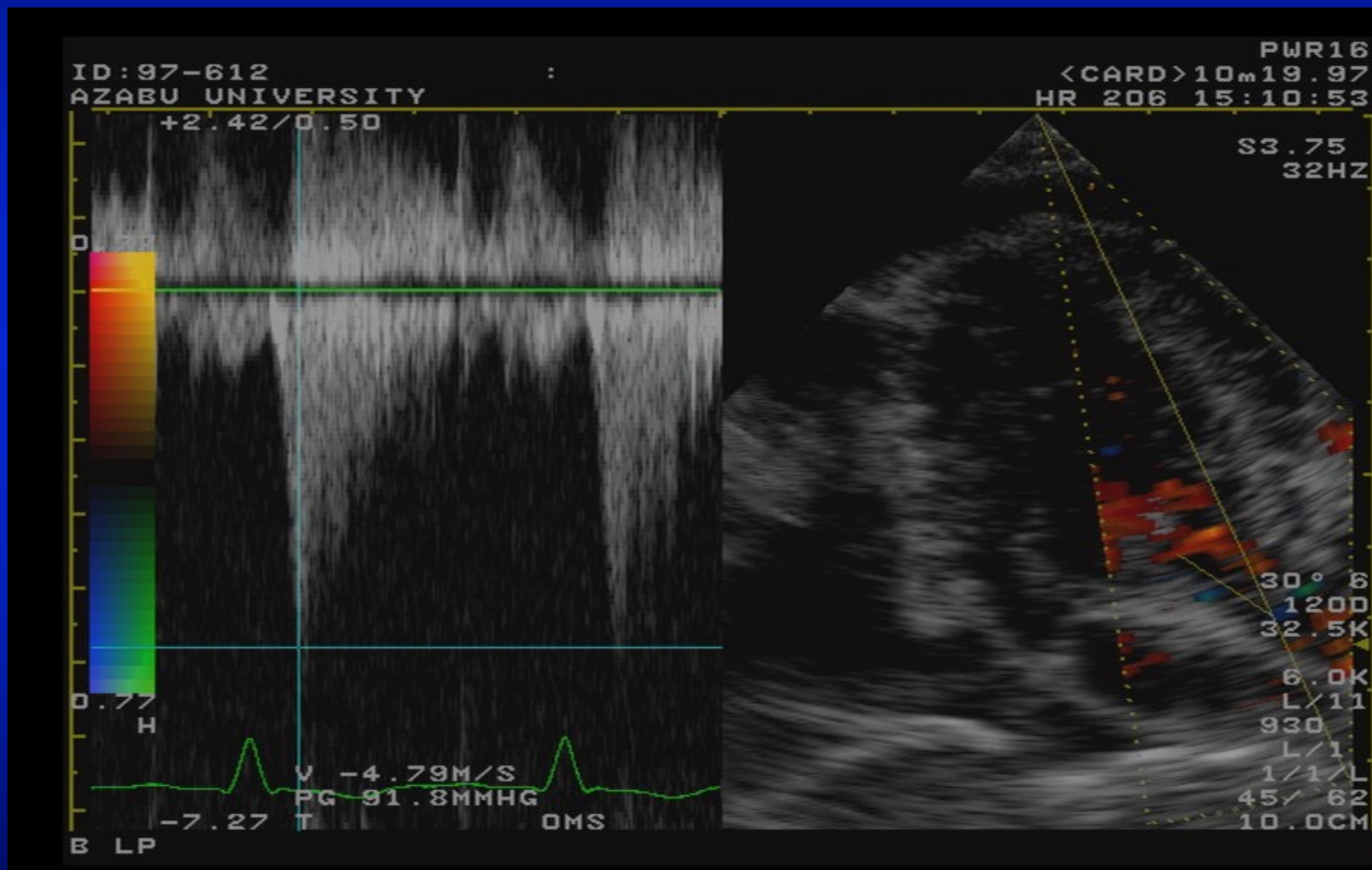


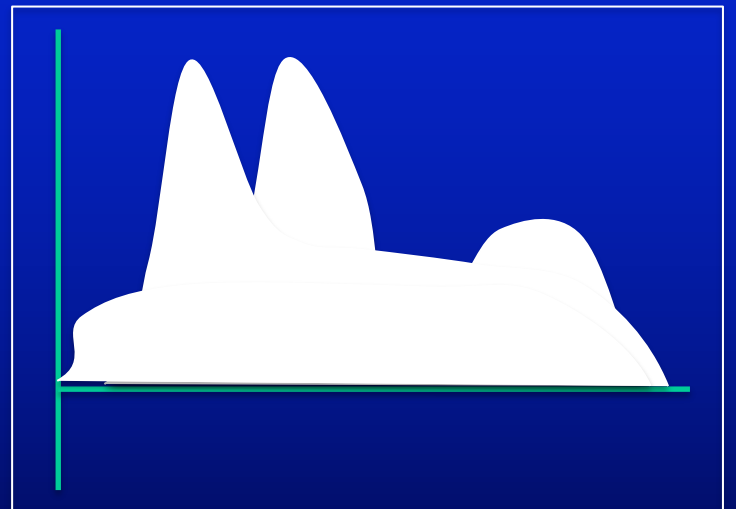
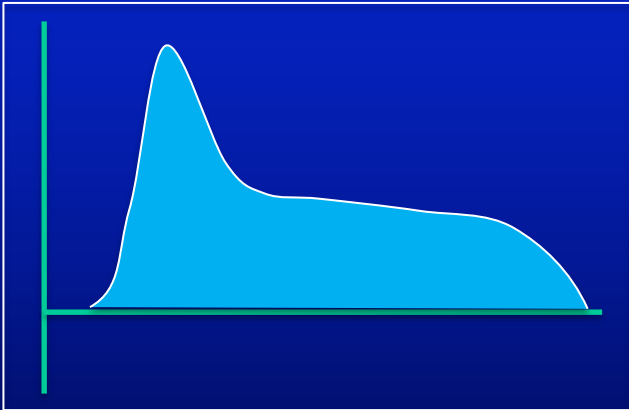
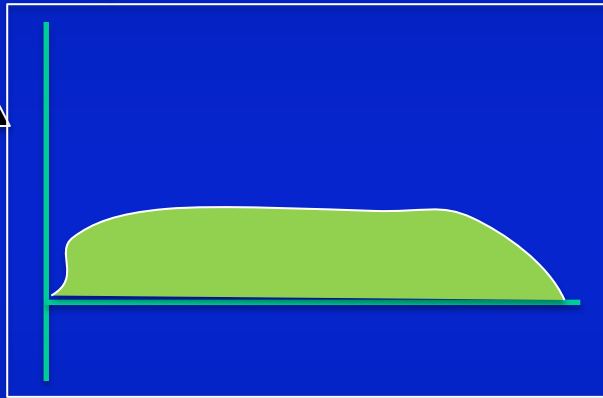
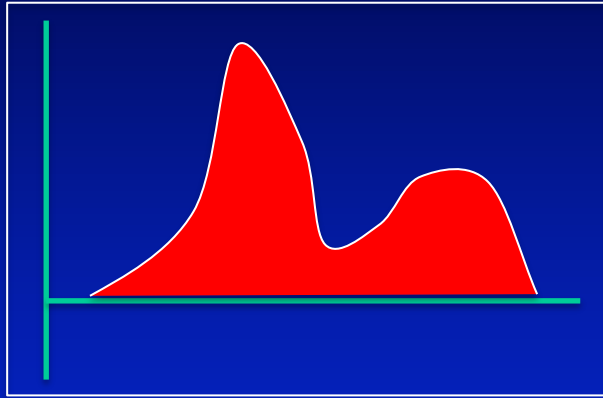
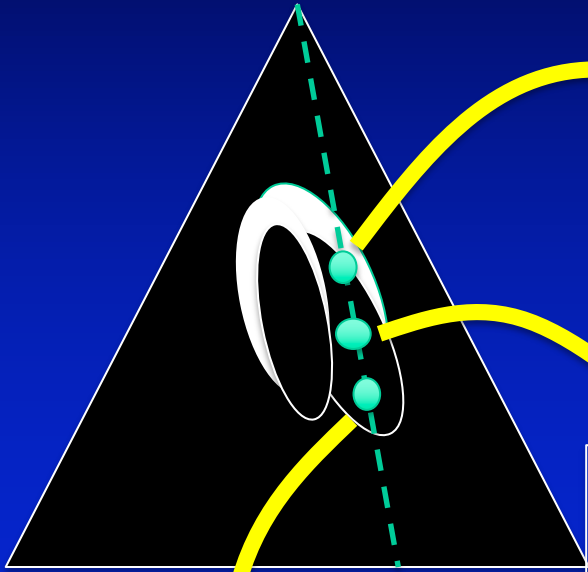
# 連続波ドプラ法

- 連続波を使用する
- 送・受信を別の素子で行う
- 連続波を受信する
- 距離分解能を持たない
- 高速血流の測定に利用される
- Bモードと同時に  
リアルタイム表示ができない



# 連続波ドプラ法





# カラードプラ (Moving Target Indication : MTI)

1回目



N回目



2回目



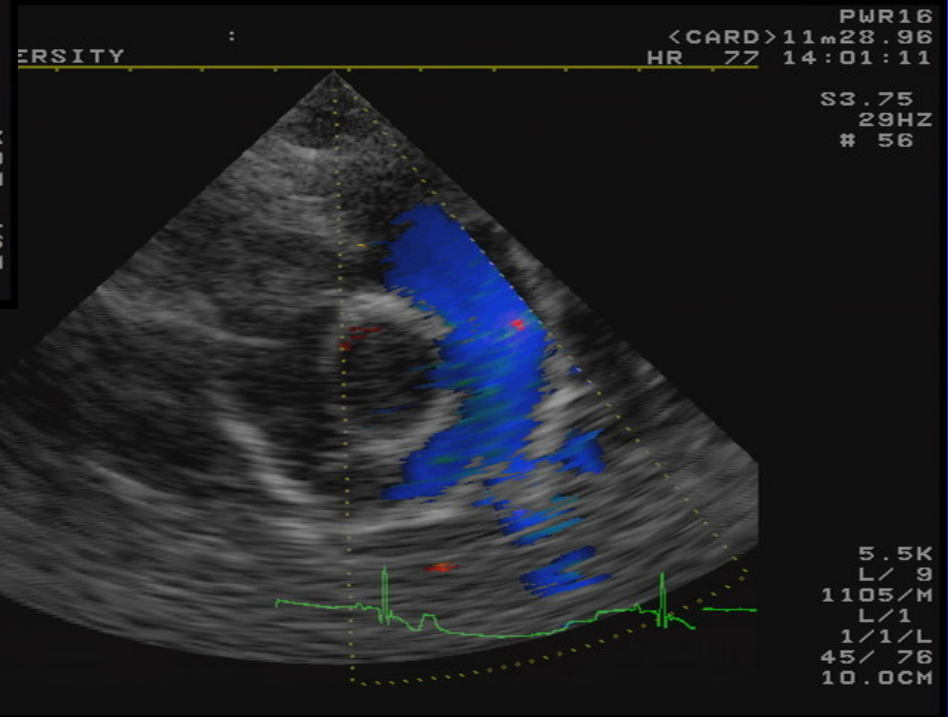
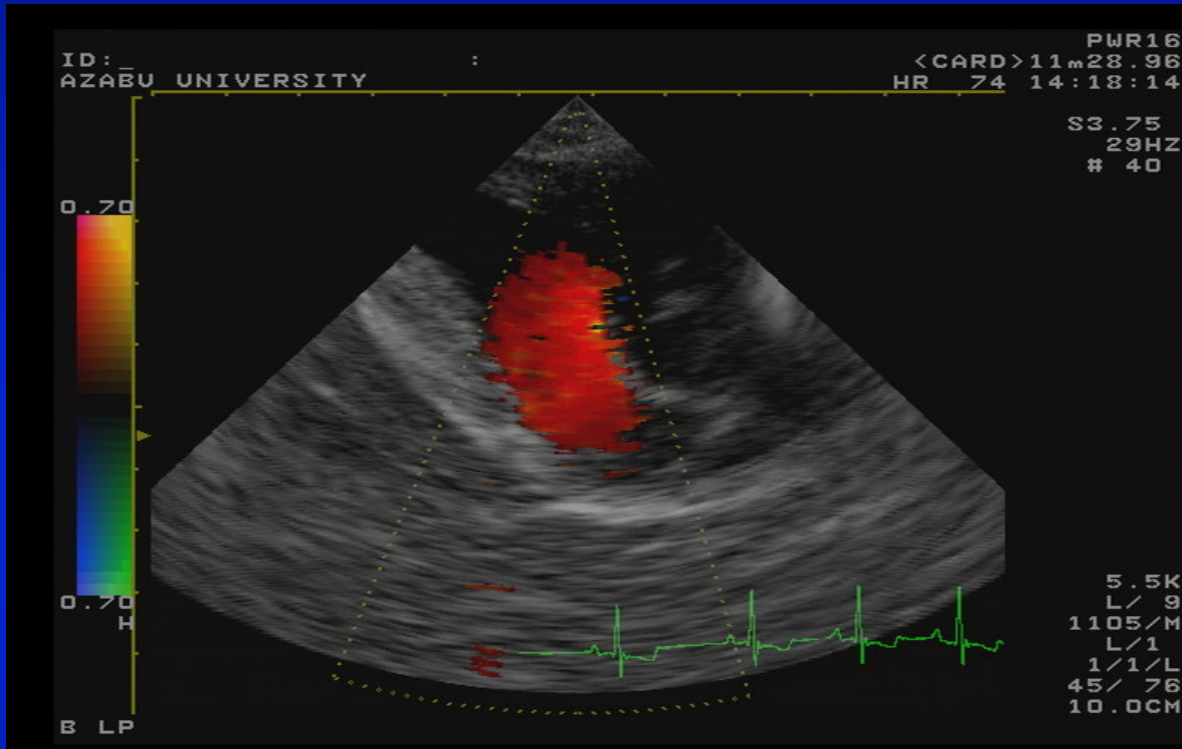
血流のみを表示





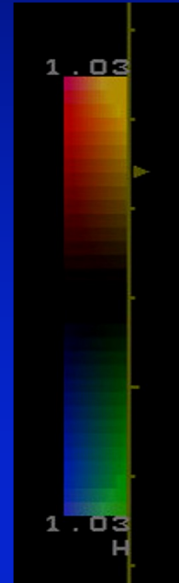
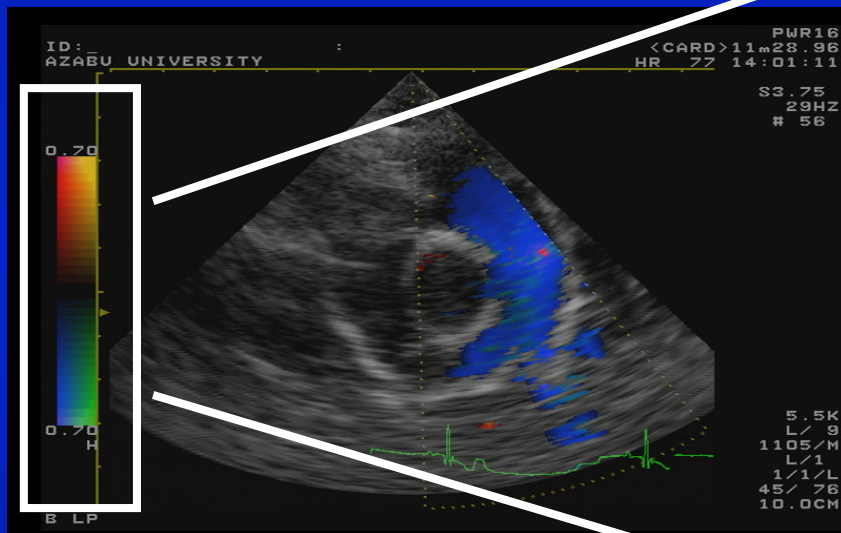
# カラードプラ

プローブに向かう血流



プローブから遠ざかる血流

# カラードプラ



## 心臓:速度分散表示

赤・青・黄・緑で表示

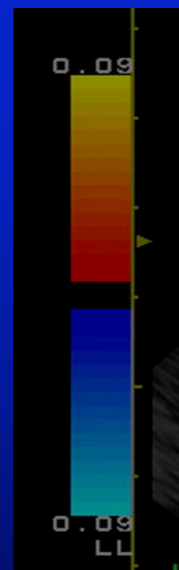
赤:向かう血流

青:遠のく血流

黄:向かう血流の分散

緑:遠のく血流の分散

速いまたは分散が大きいほど  
明るく表示



## 腹部・その他:速度表示

赤・青で表示

赤:向かう血流

青:遠のく血流

早い血流ほど明るく表示



ID: \_  
AZABU UNIVERSITY

PWR16  
<CARD>04m30.98  
HR 122 11:16:36

S3.75  
32HZ

D: 77



D: 77

H

1

40 / 64

8.0CM

B LP

R 6.0K  
L 6.0K  
L/11  
1209/M  
L/1  
1/1/L  
45/66  
8.0CM

ID: \_\_\_\_\_  
AZABU UNIVERSITY

+0.31/0.05

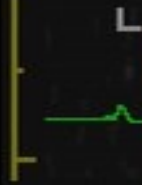
PWR16  
<ABDO>02m20.97  
HR 47 15:04:10

S5.00  
7HZ

0.31



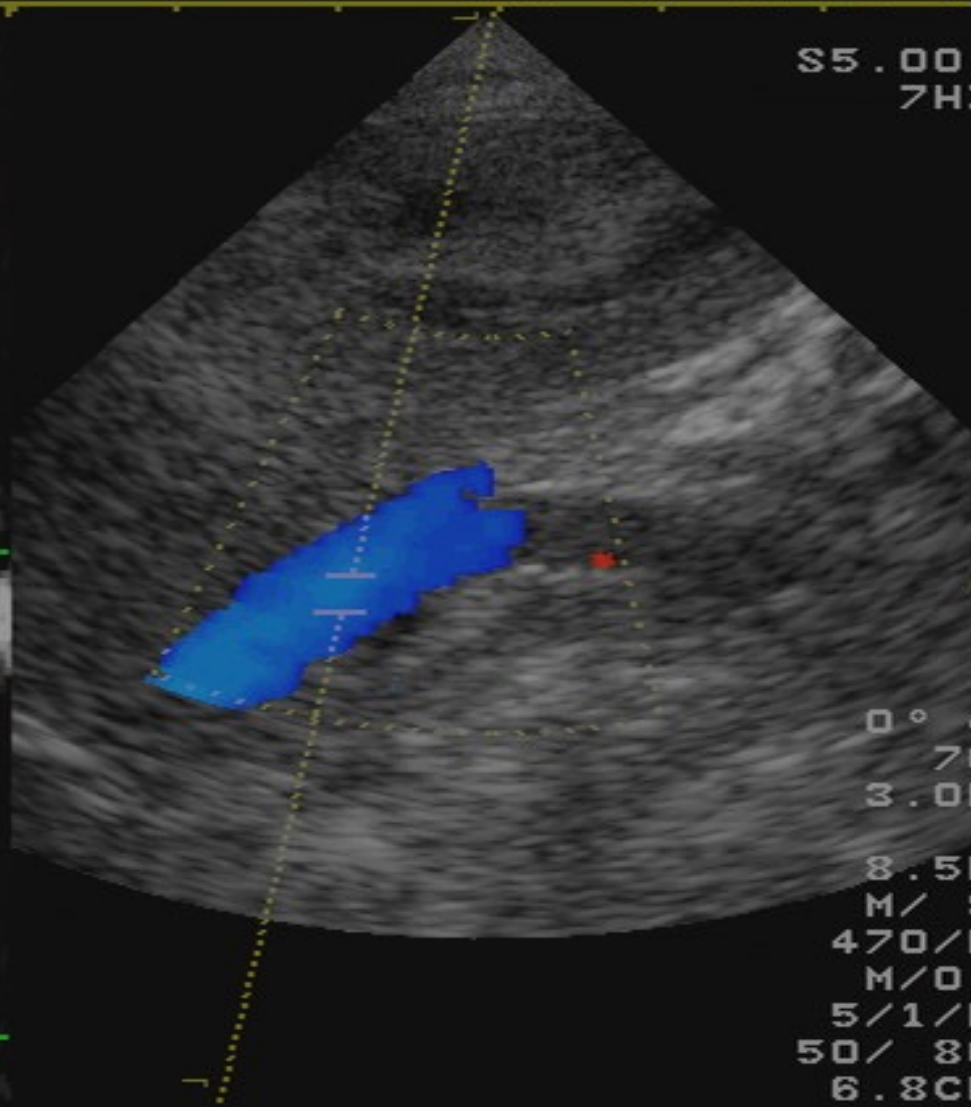
0.31



L

-0.31

B LP



0° 4

70

3.0K

8.5K

M/ 9

470/M

M/O

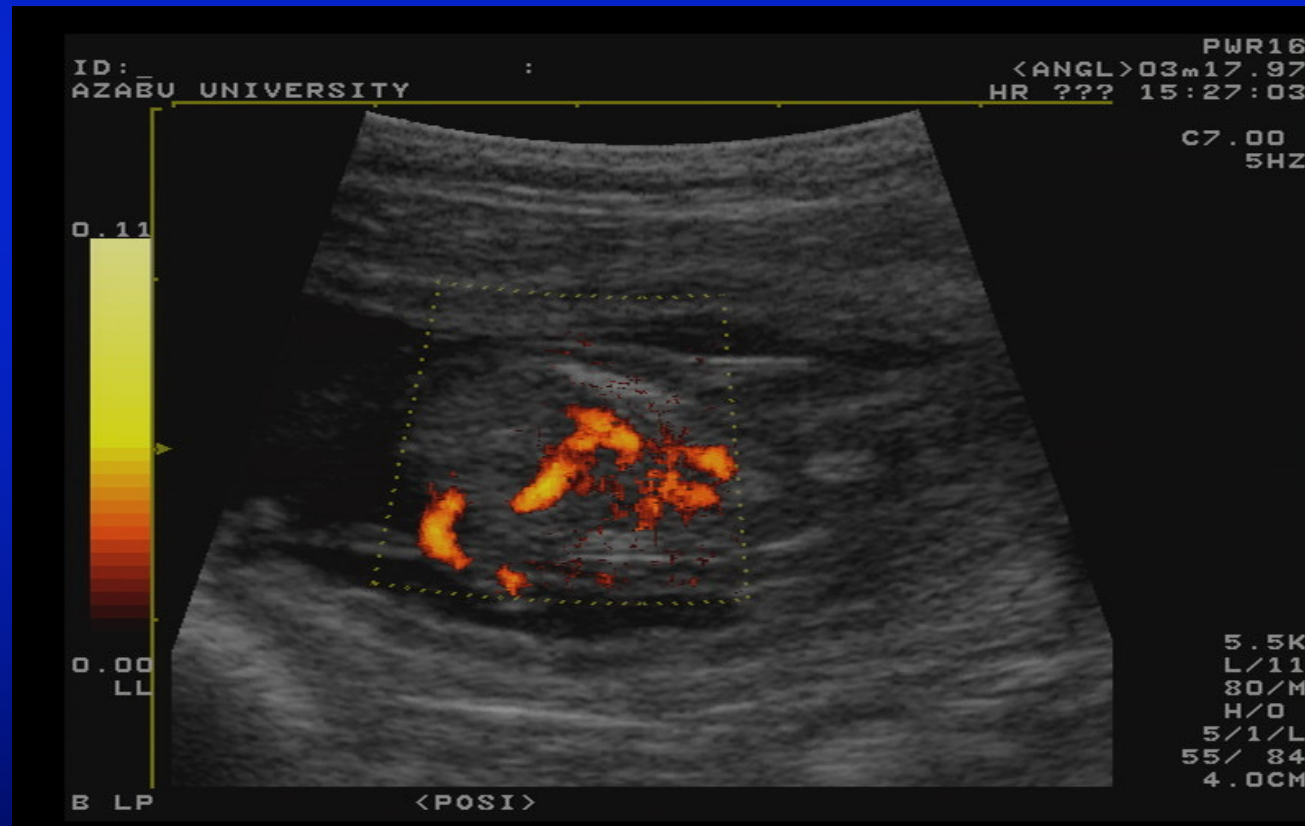
5/1/L

50/ 80

6.8CM

# パワードプラ・カラーアンギオ

- 血流の方向性を持たない
- 血流速度が表示されない
- 血流の検出感度が高い
- 超音波と血流のなす角度が $90^\circ$  においても認識される  
開口効果 (Aperture effect)

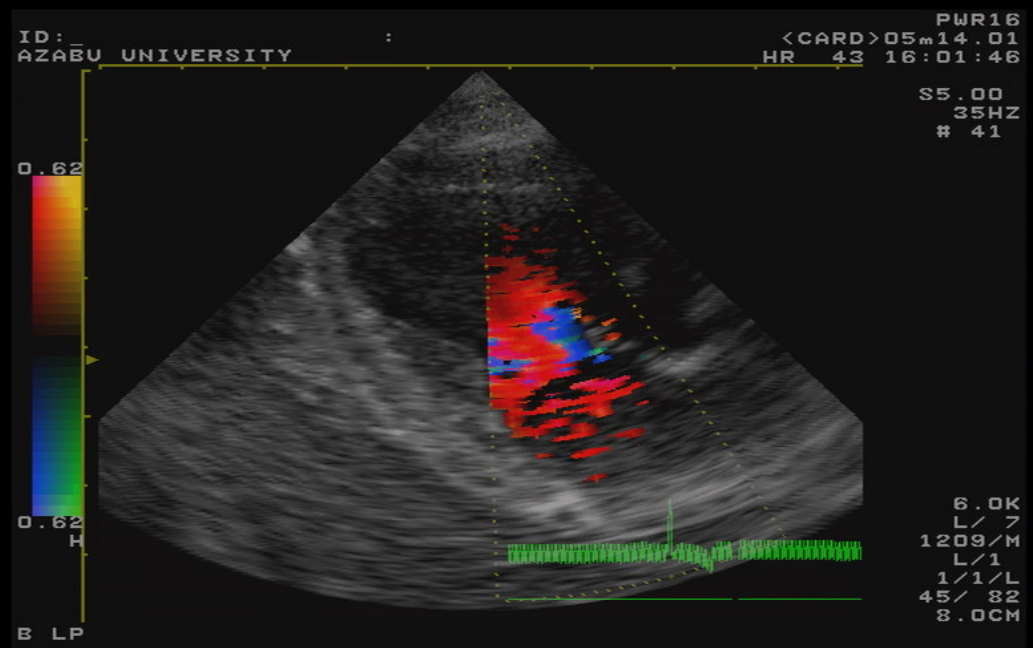
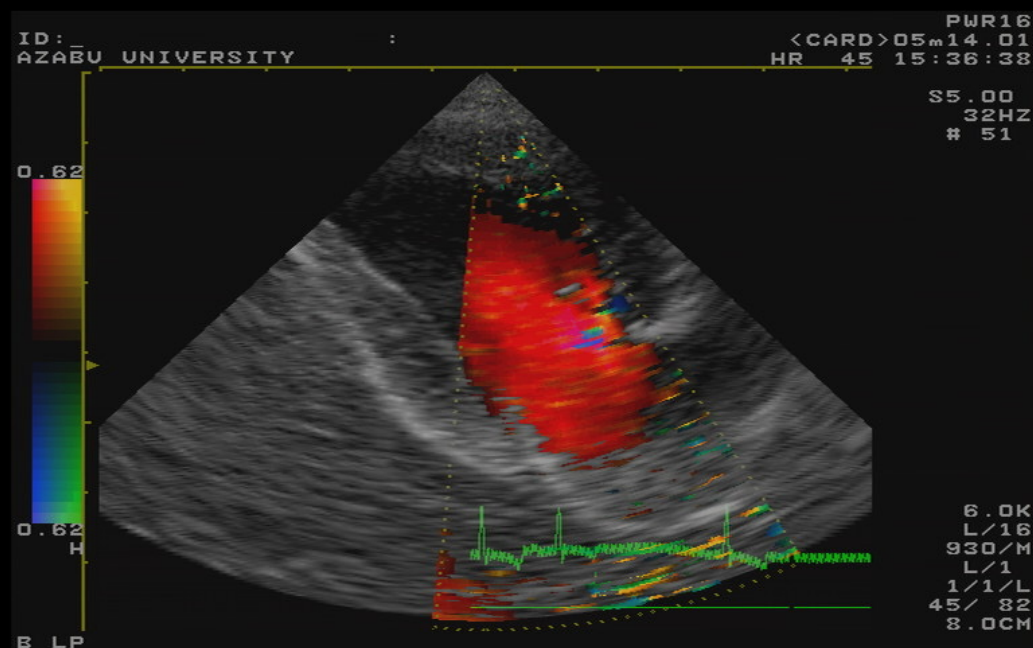
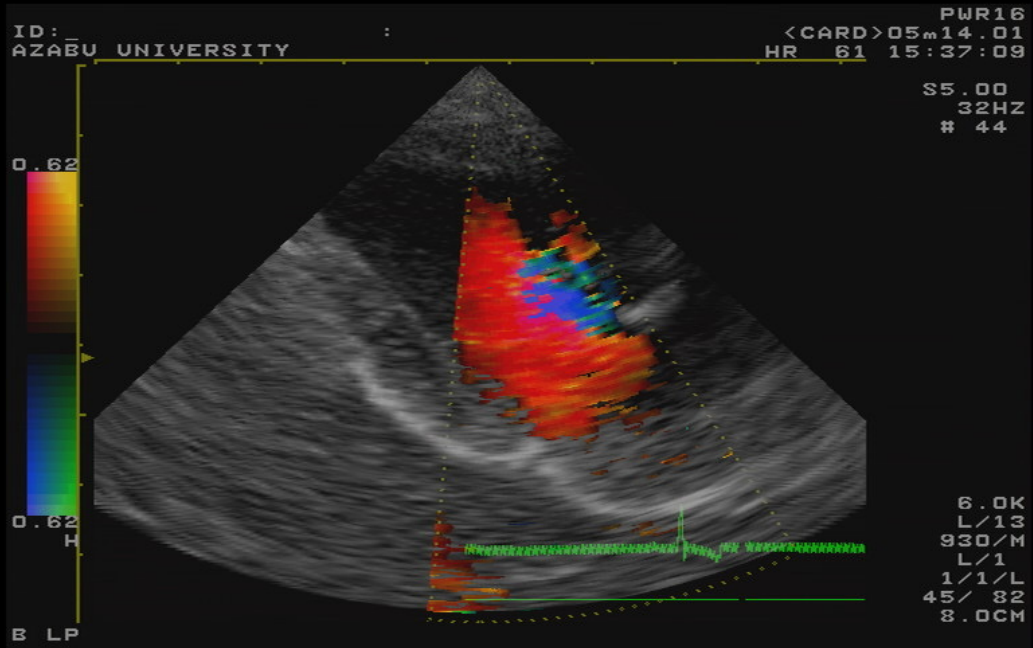


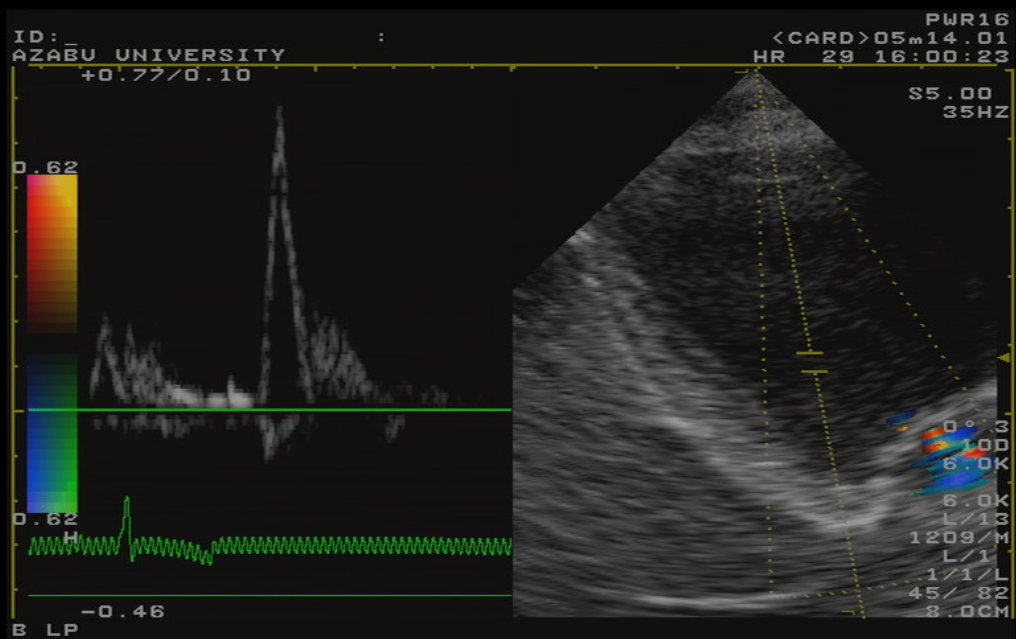
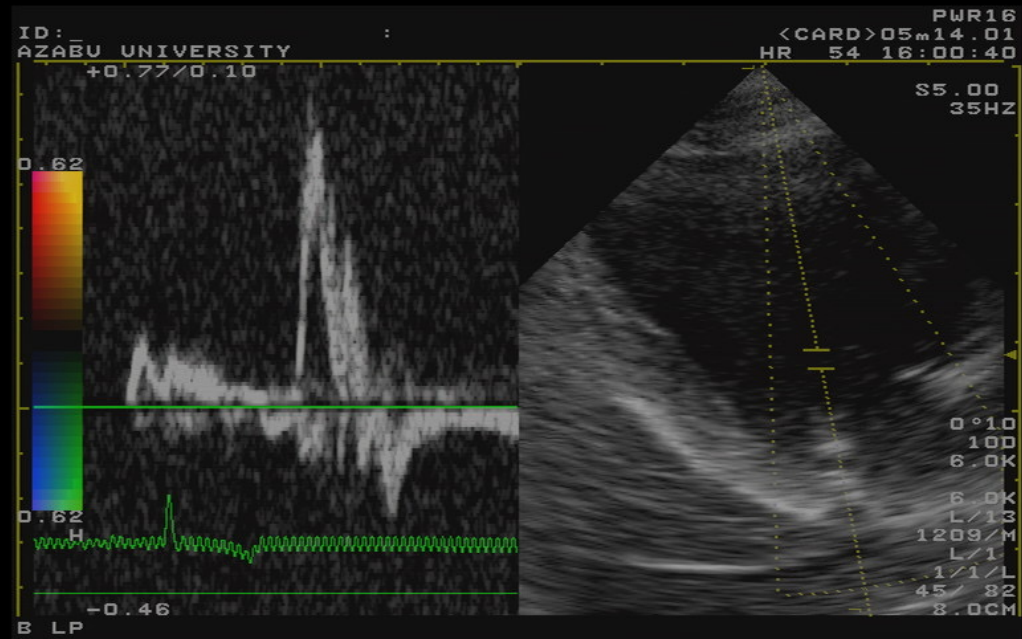
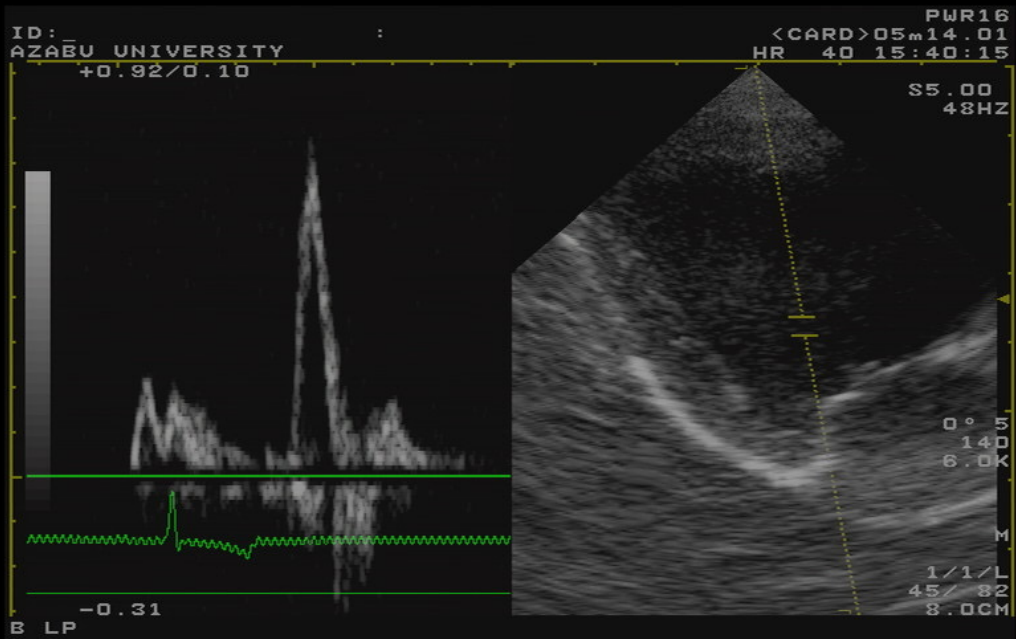


# ゲインの設定

- B mode ゲイン
- Color ゲイン
- PW / CW ゲイン



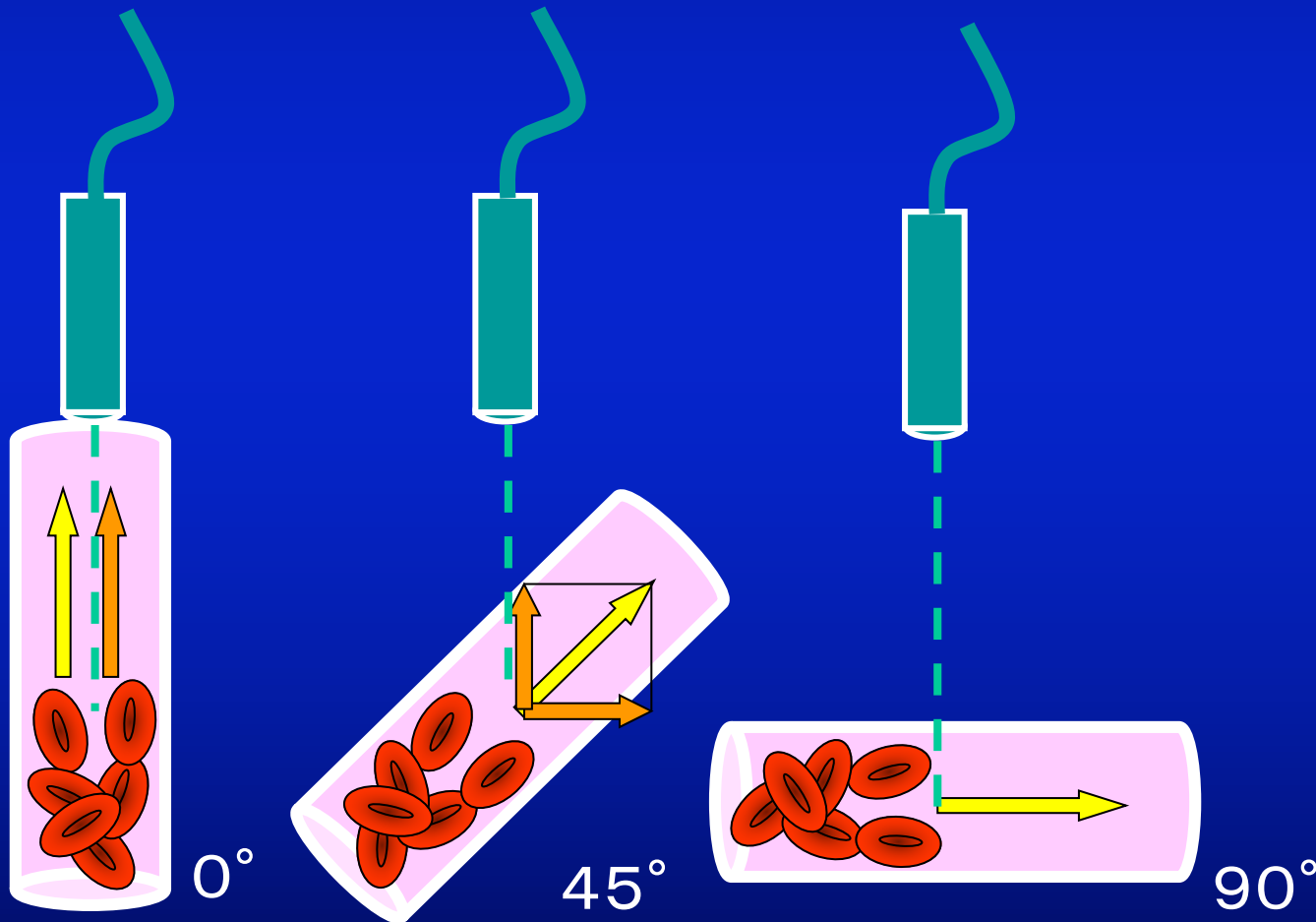




# 角度補正

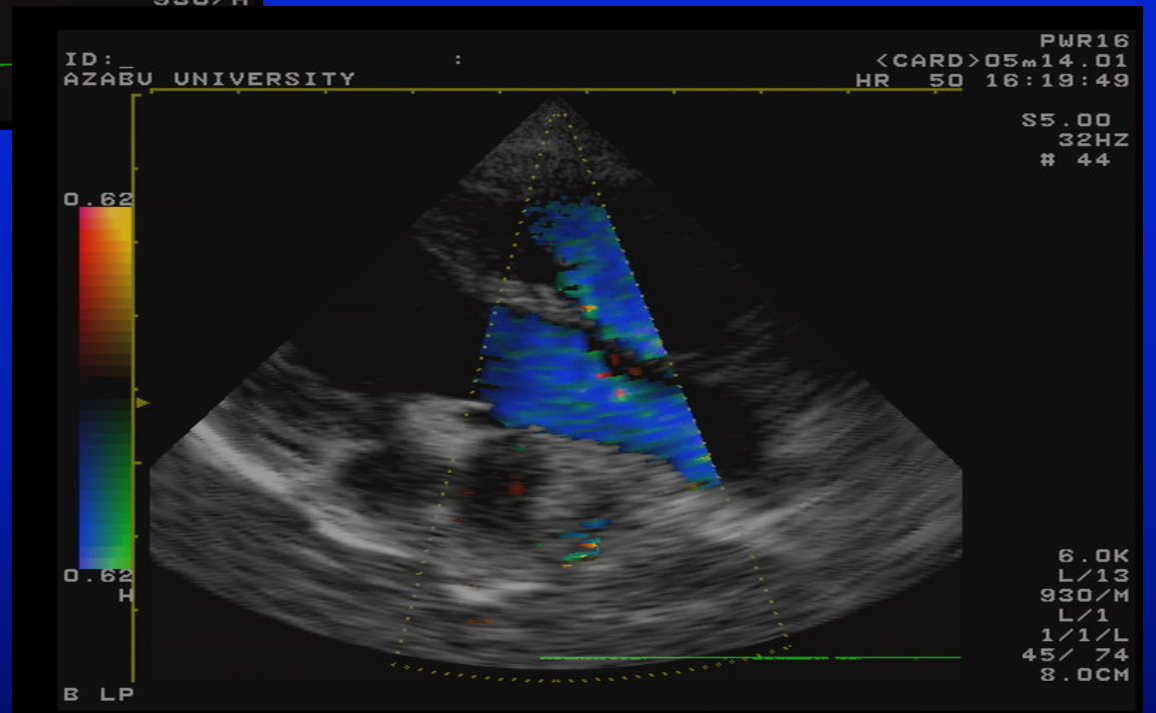
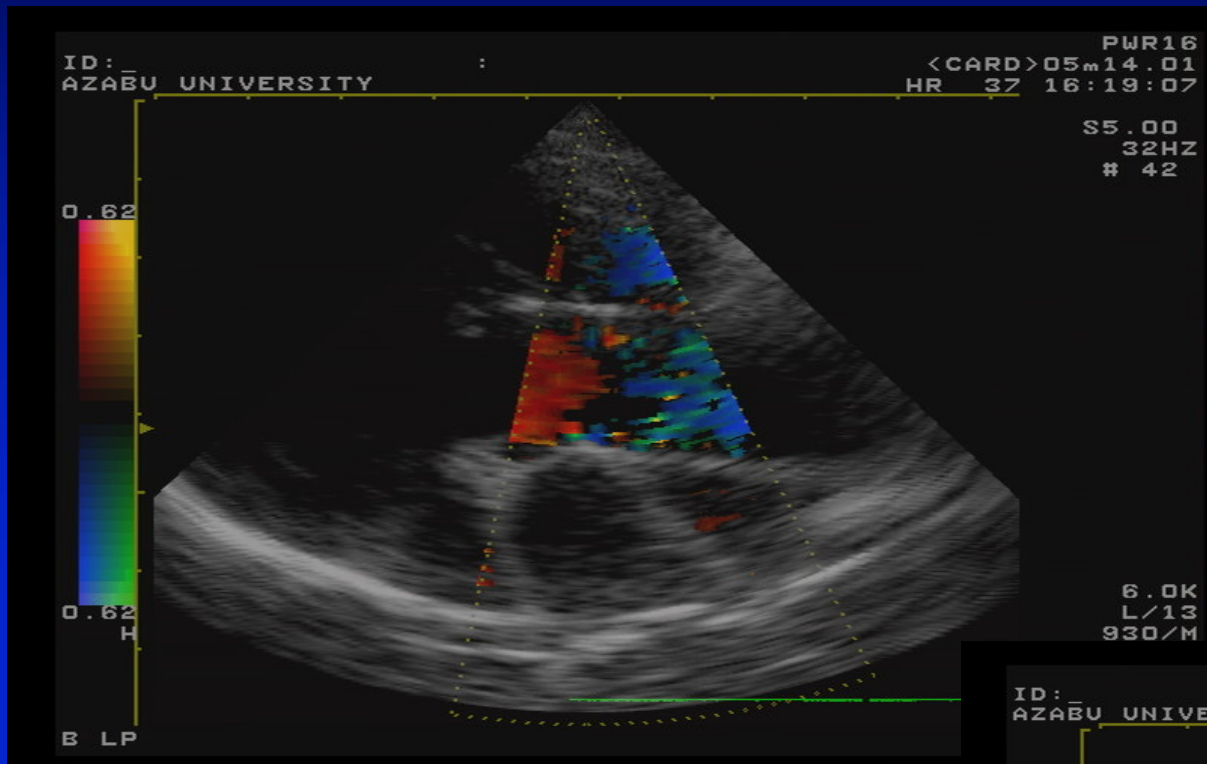
$$v = \frac{v_0}{\cos \theta}$$

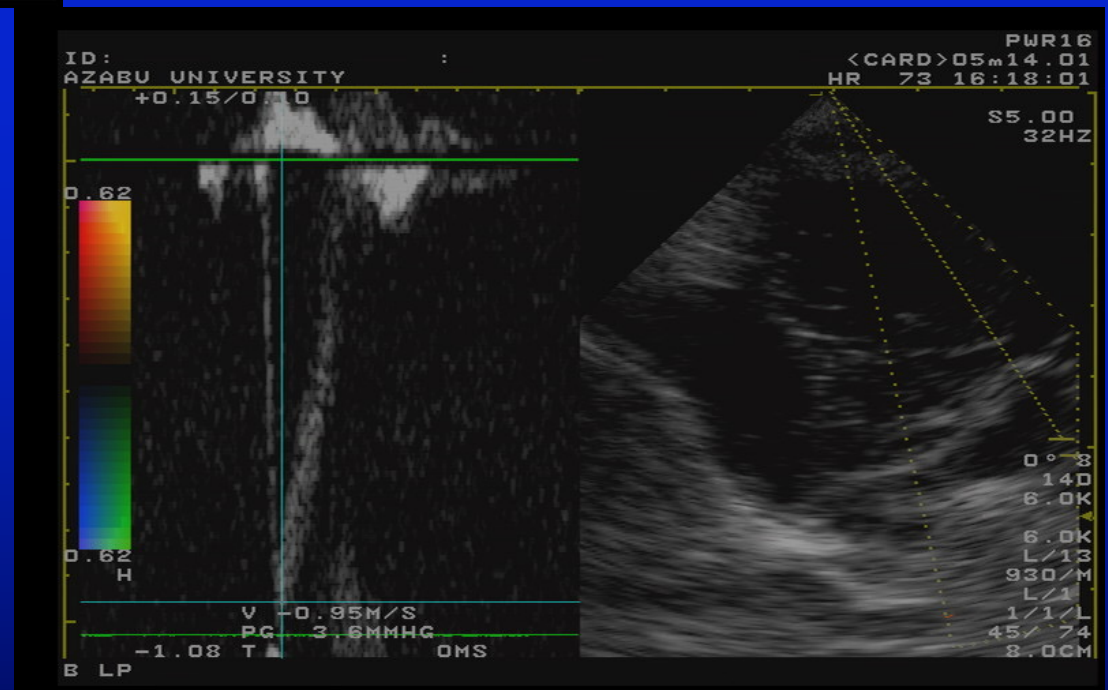
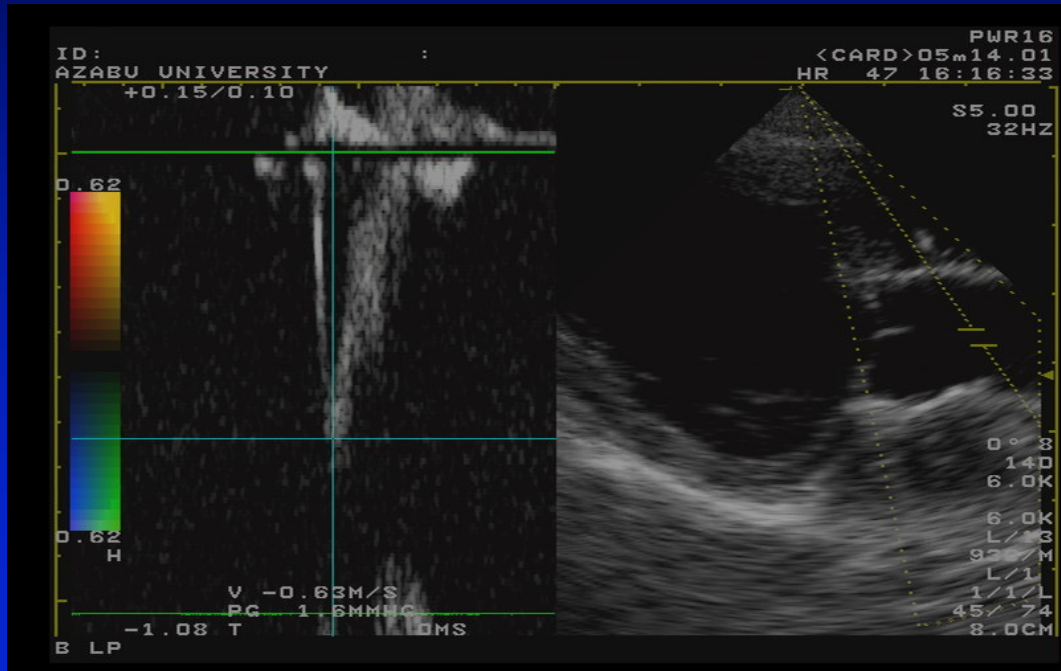
$v$  ほんとの血流速度  
 $v_0$  見かけの血流速度



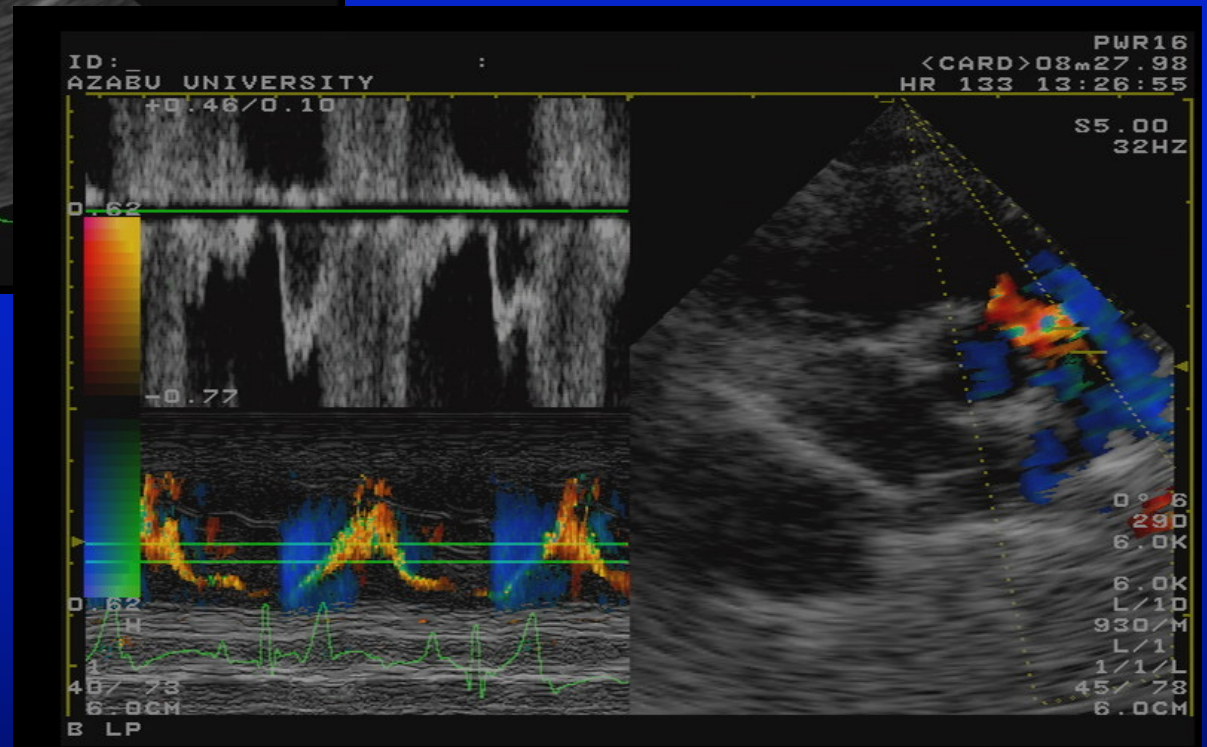
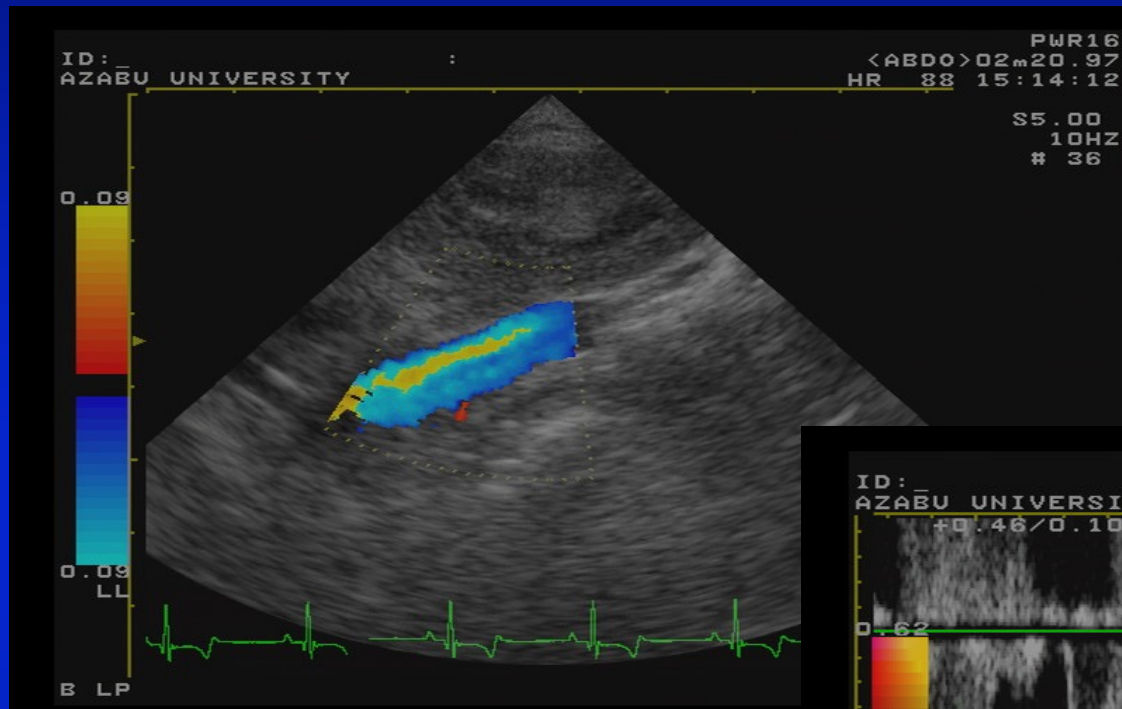
角度	COS $\theta$
0	1.000
5	0.996
10	0.985
15	0.966
20	0.940
25	0.906
30	0.866
50	0.643
75	0.259
90	0.000







# 折り返し (Aliasing)

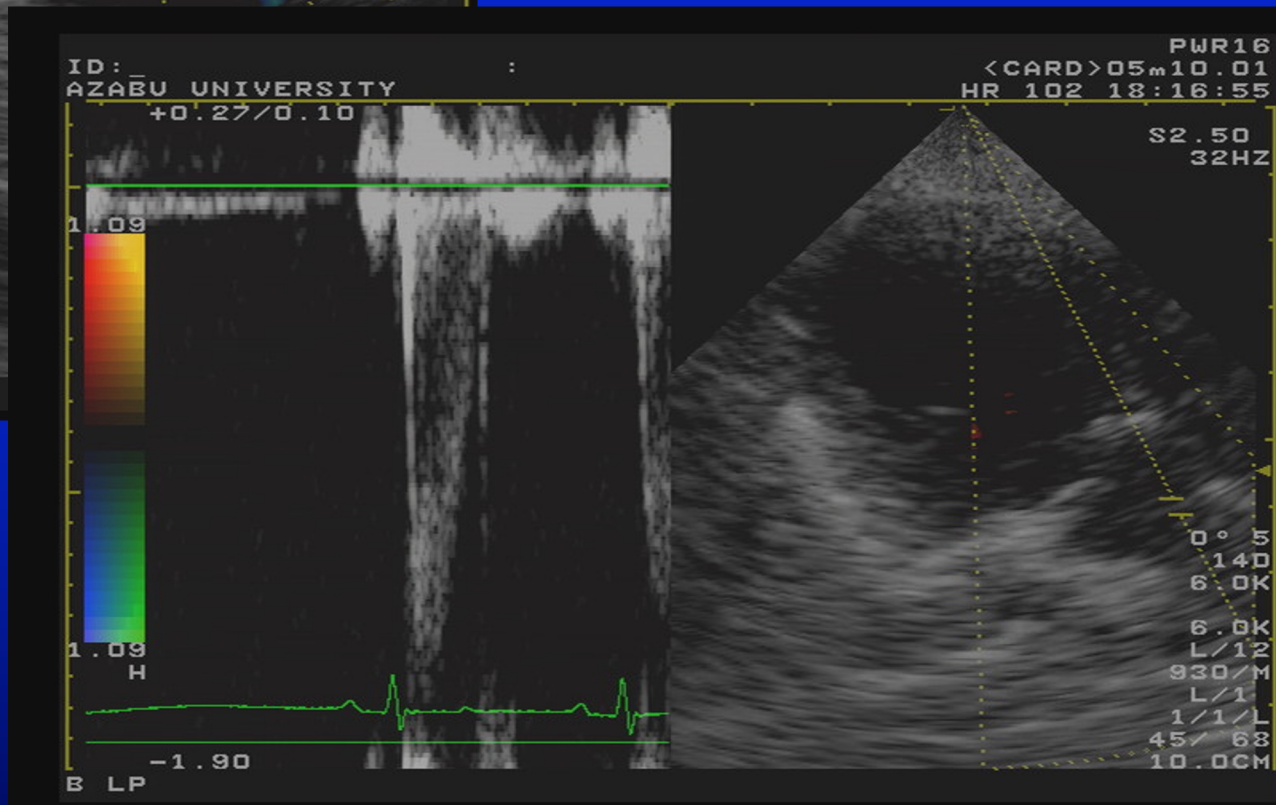
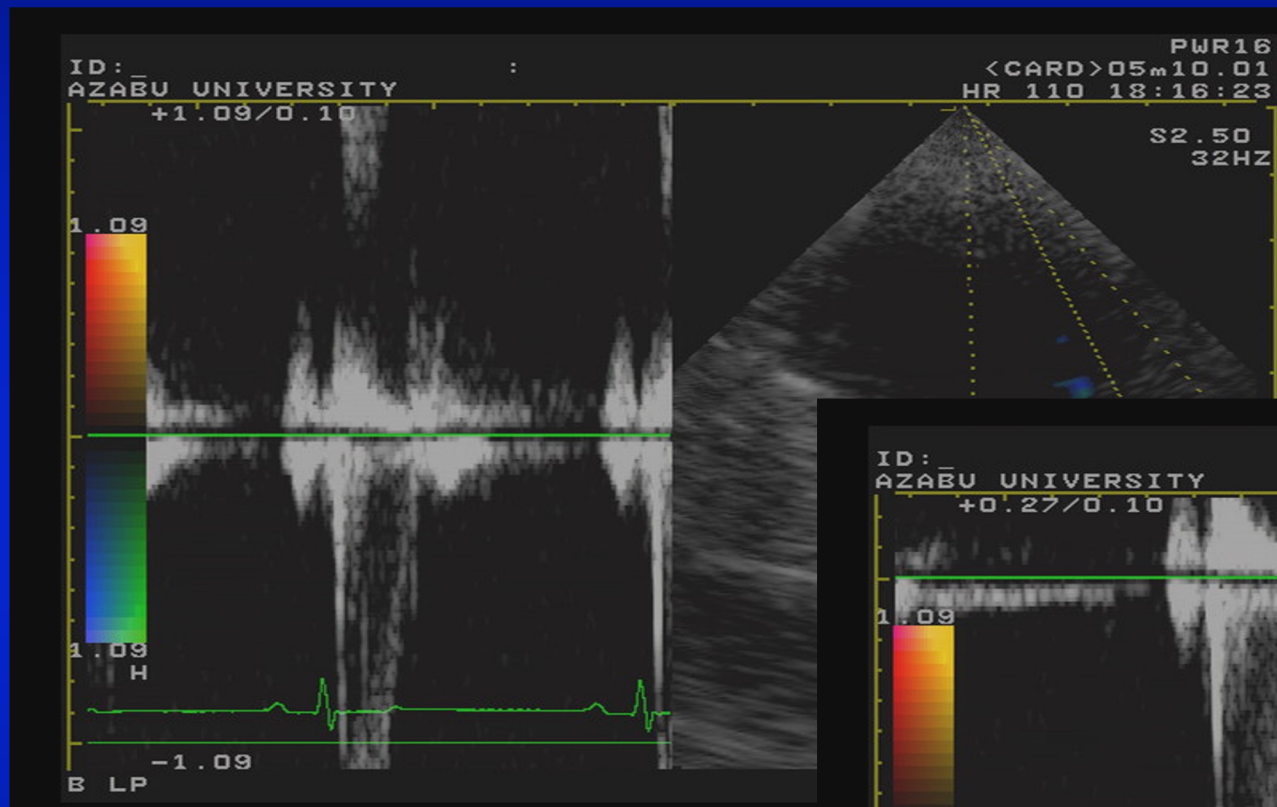


# 折り返しの対処

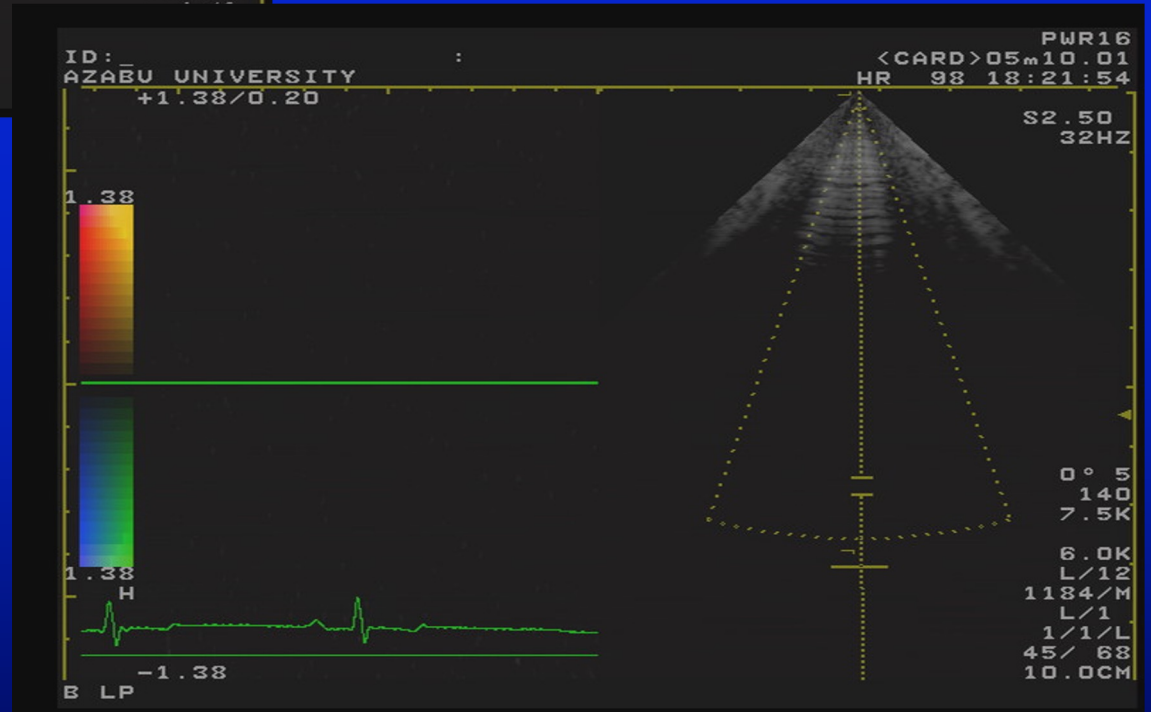
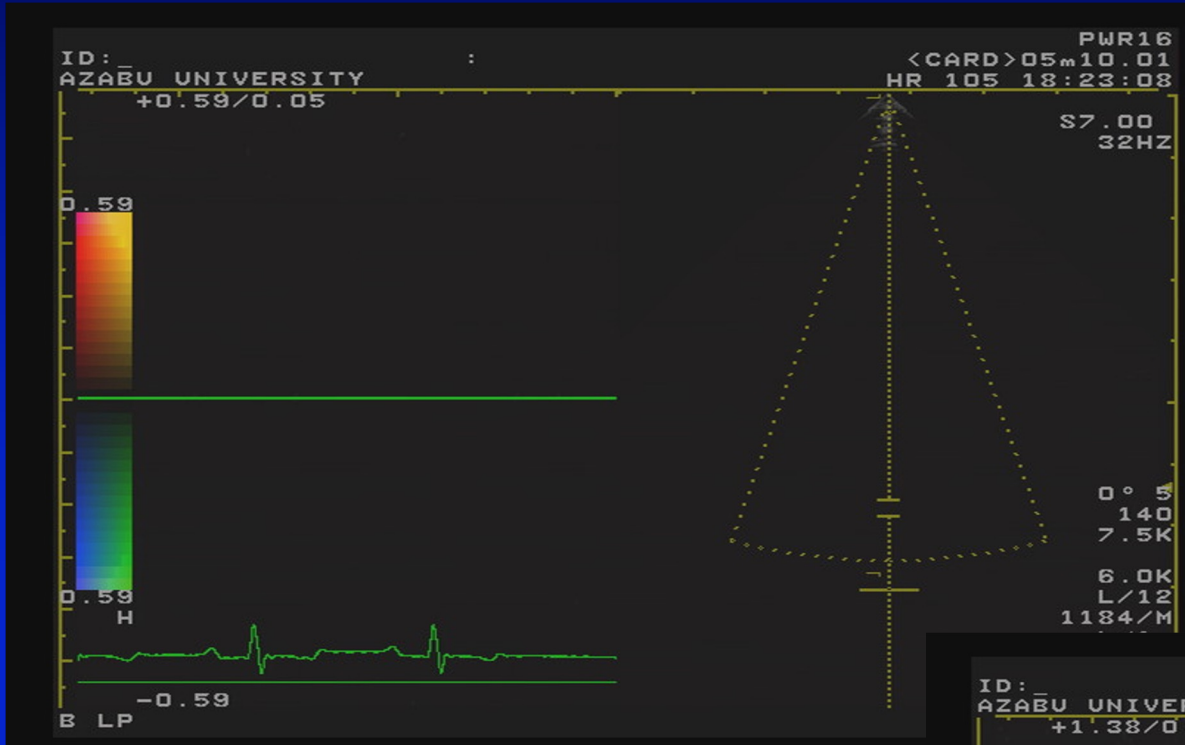
---

- 基線(ベースライン)を調節する(zero sift)
- プローブの周波数を下げる
- 繰り返し周波数(PRF:Pulse Repetition Frequency)を上げる

# 基線(ベースライン)を調節する(zero sift)







# PRFと折り返し

## 繰り返し周波数 (PRF:Pulse Repetition Frequency)

パルス波を1秒間に何回繰り返し送信するのかをkHzで表示  
装置の操作パネル上には  
VEL RANGE、V RANGE等と記載され、調節する

### PRFを上げる

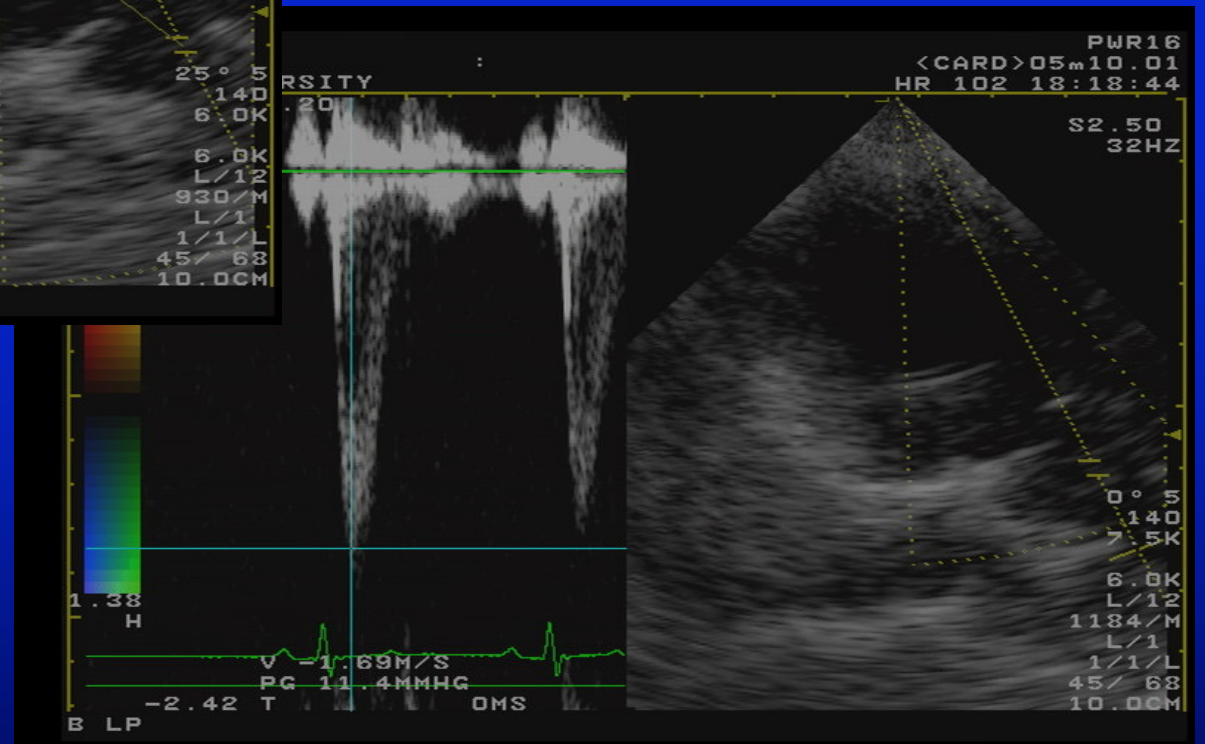
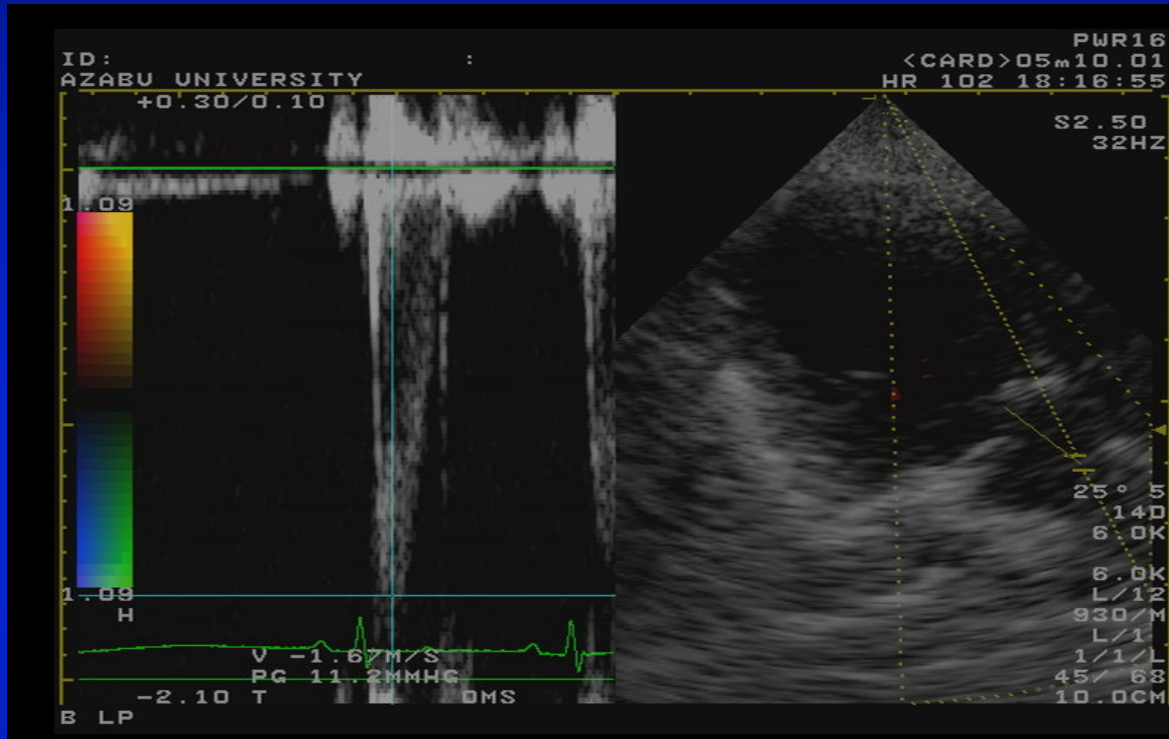
最高検出速度が上がる(折り返しがなくなる)  
深部の血流が計測できない

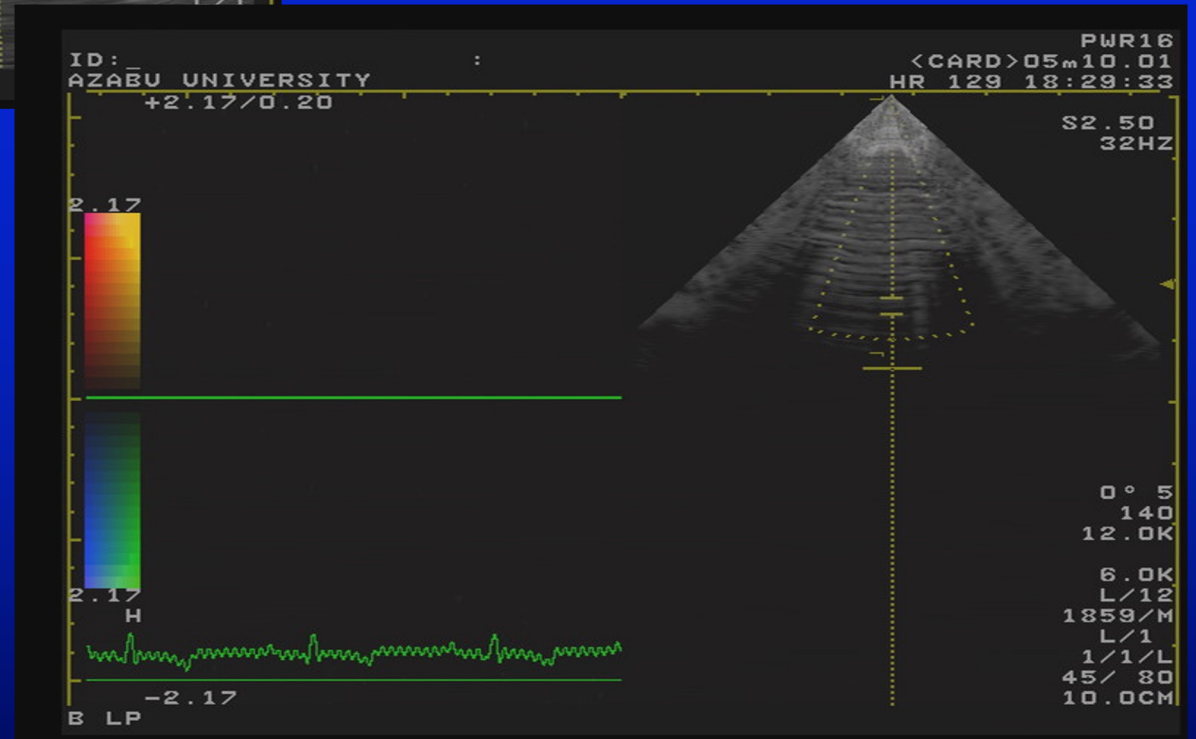
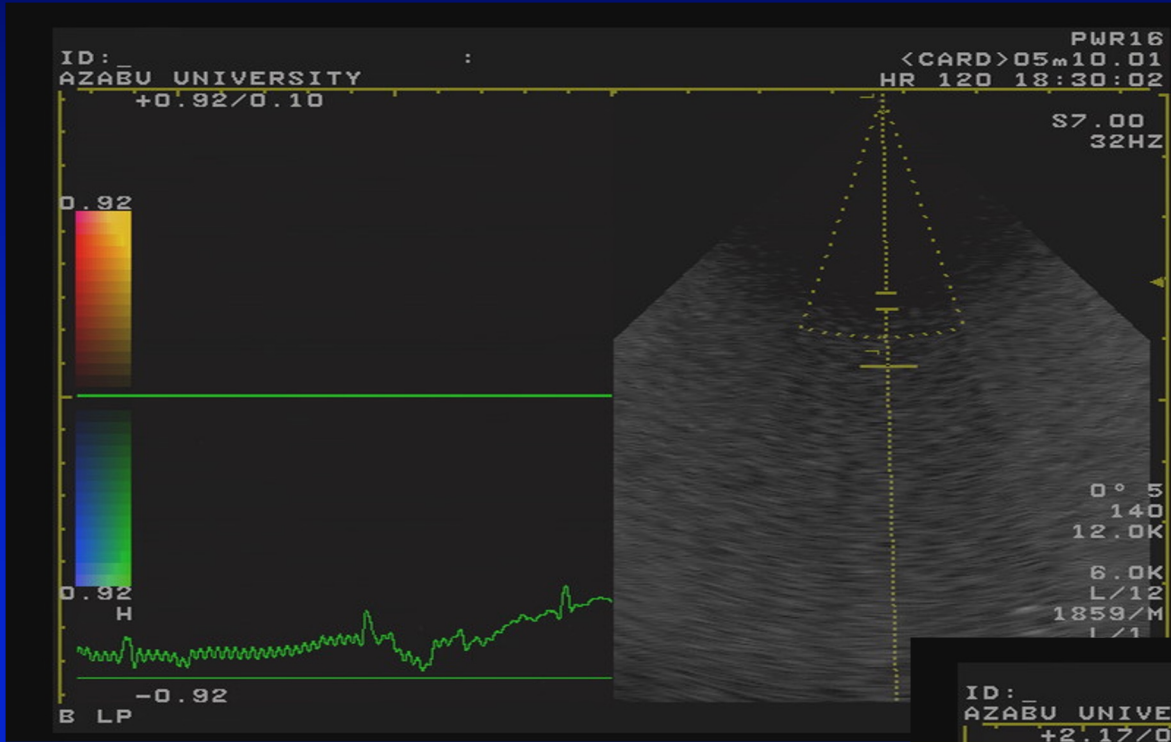
### PRFを下げる

最高検出速度が下がる  
遅い血流の計測しかできない



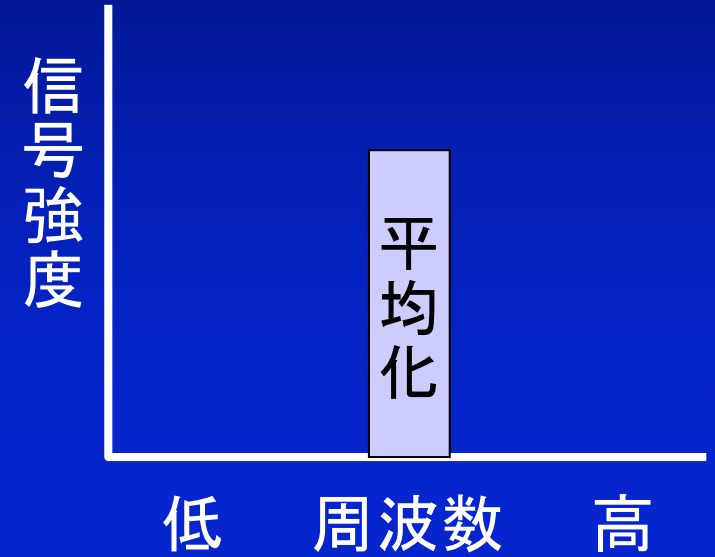
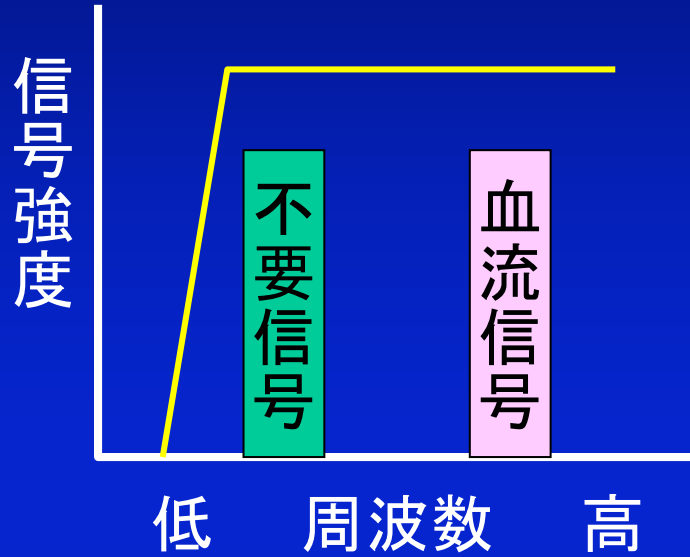
# PRFと折り返し



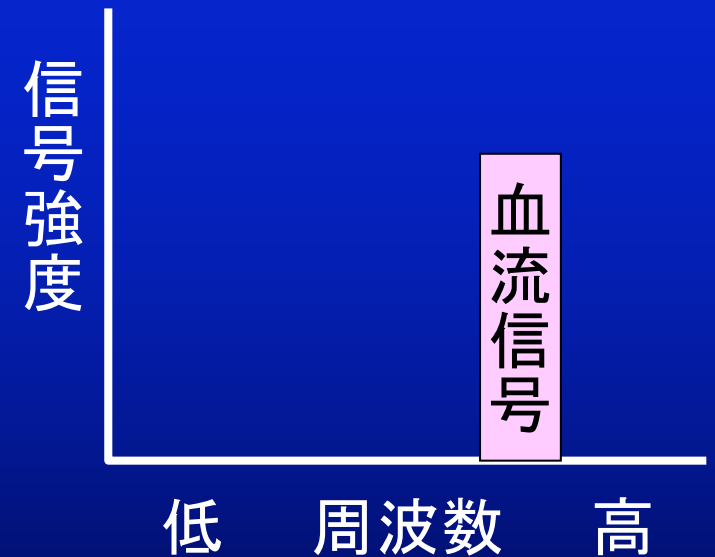
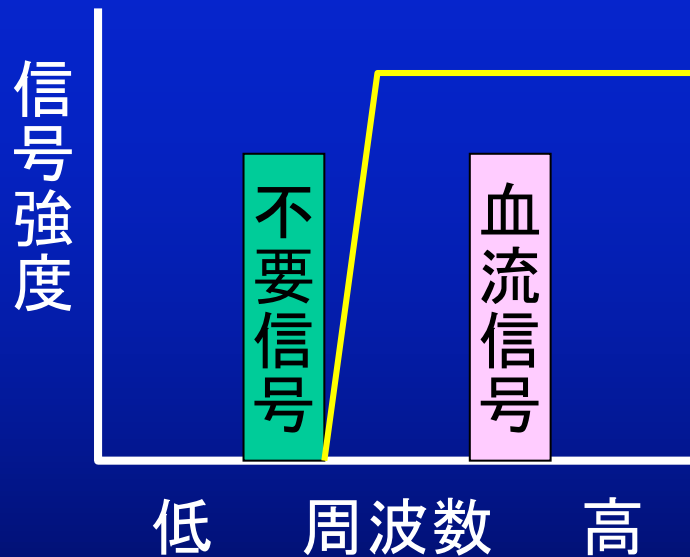


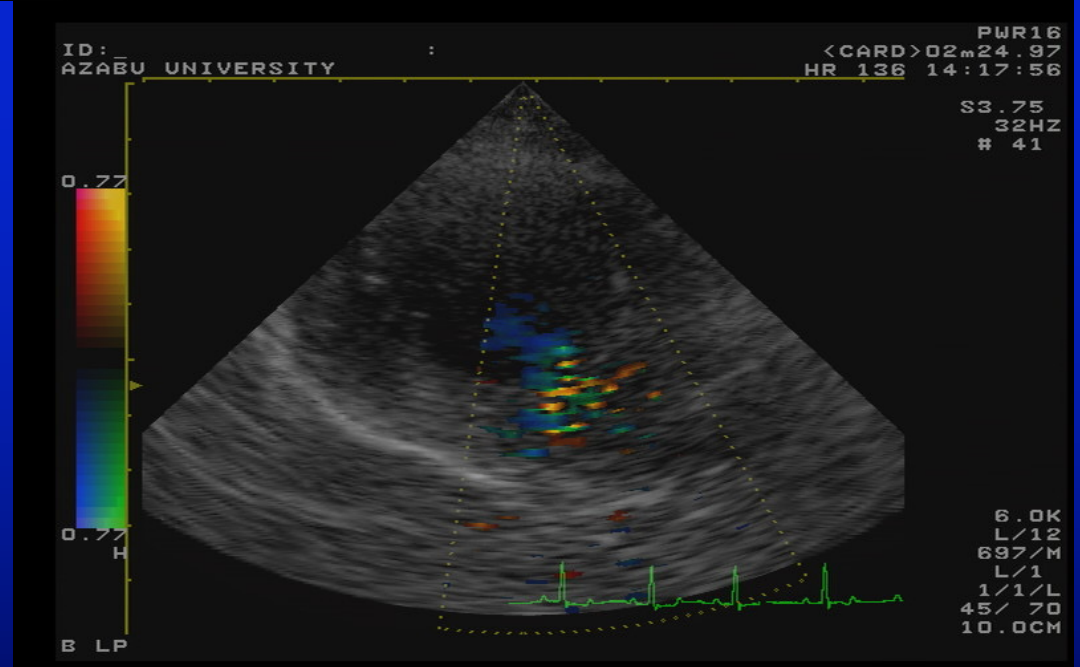
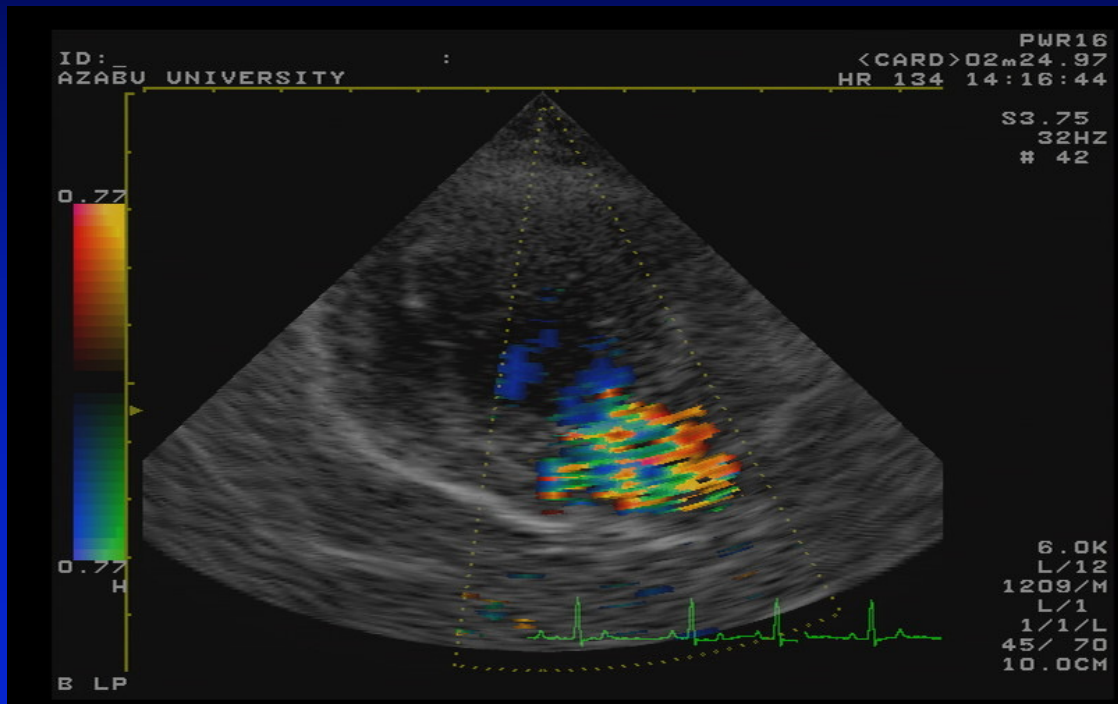
# フィルター

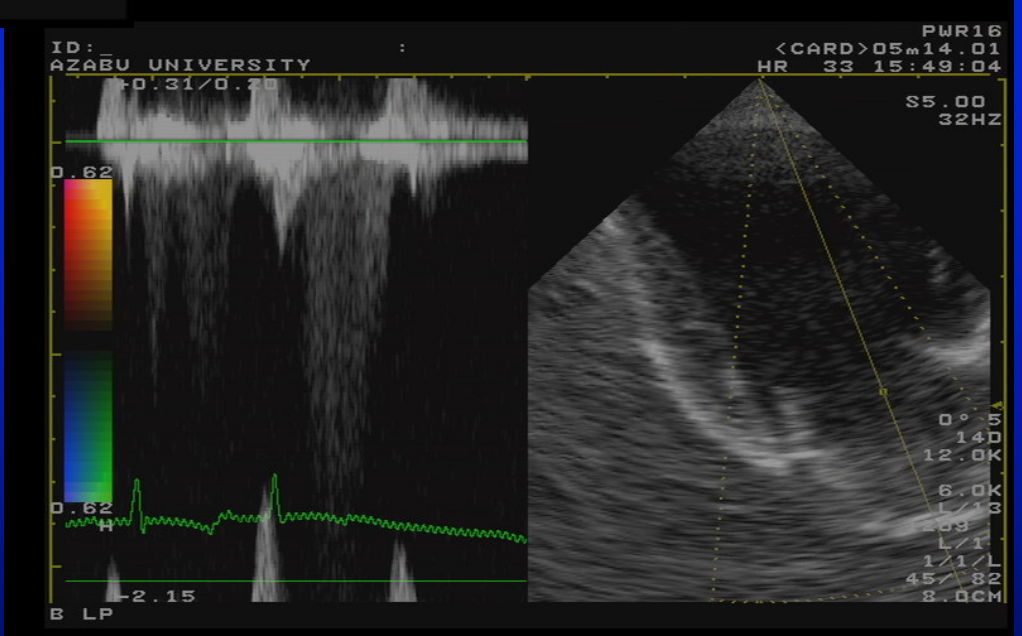
Low filter



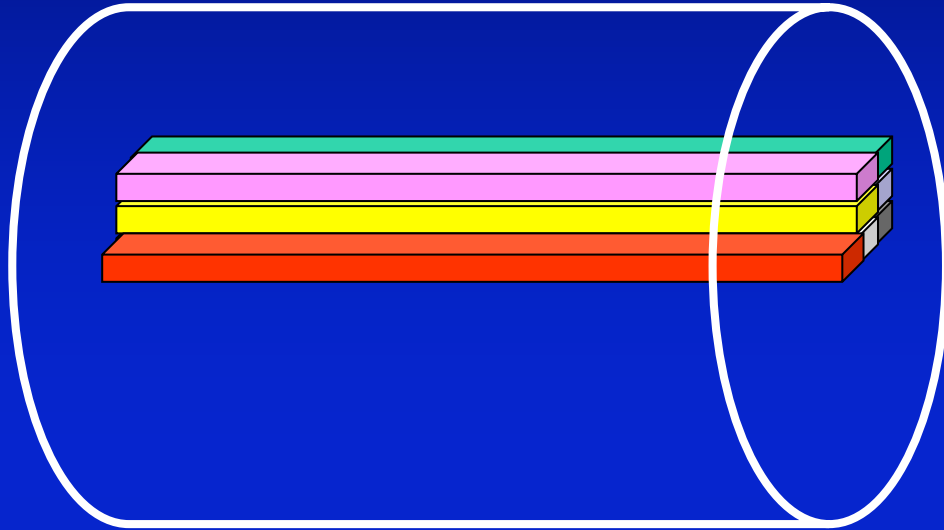
High filter





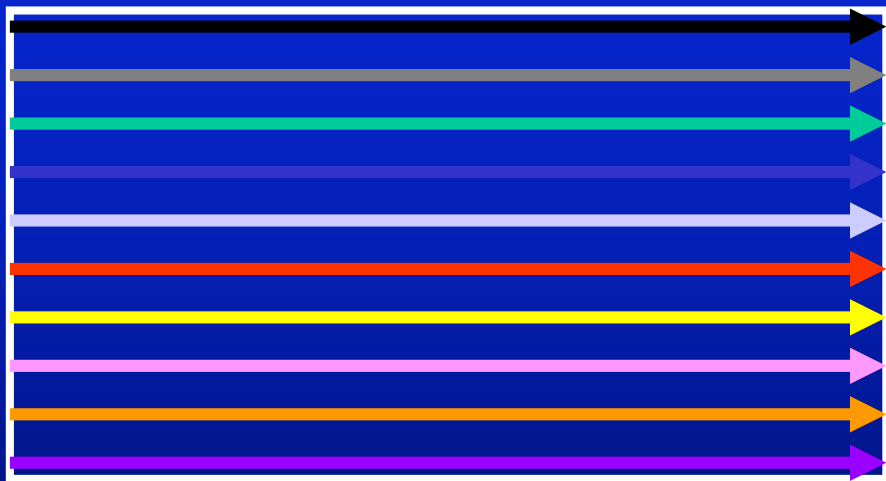


# 層流 (Laminar Flow) と乱流 (Turbulent Flow)

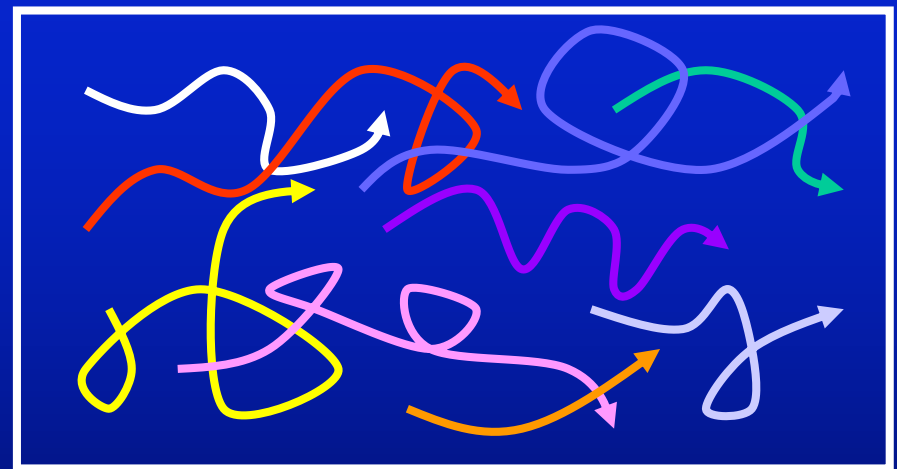


血管内の各部位は流れの方向に平行に動き、隣接する部位と混じり合うことがない。

→ 流線



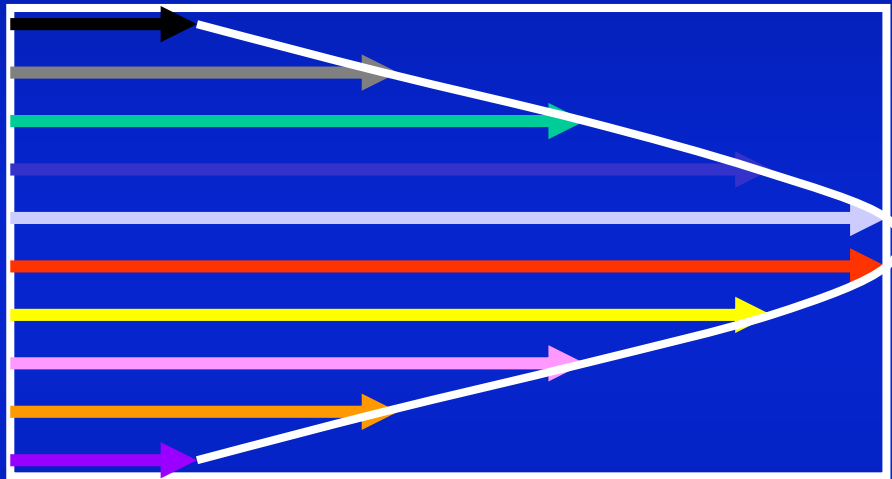
層流 (Laminar Flow)



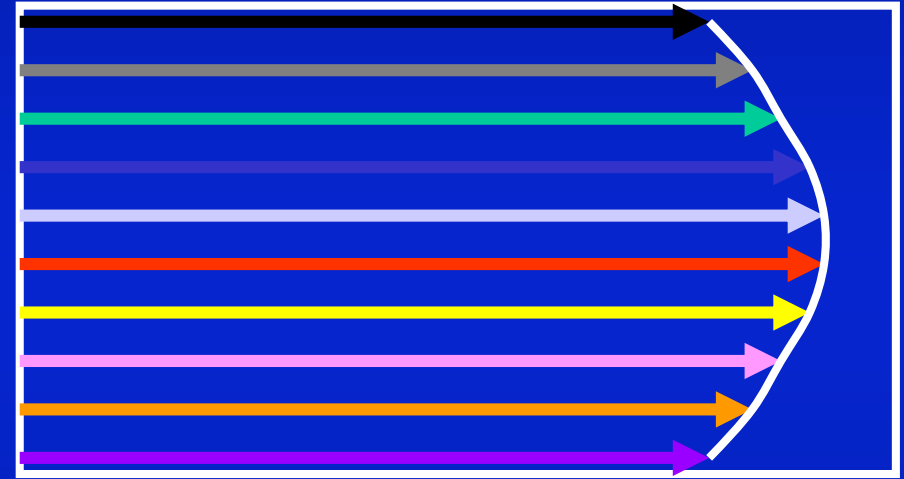
乱流 (Turbulent Flow)

# 層流 (Laminar Flow)

Parabolic Velocity Profile



Flat Velocity Profile



液体では分子の引力によって液体相互  
または液体と接している管壁との間に、  
流動を妨げる抵抗が生じる。



粘性



ID: \_  
AZABU UNIVERSITY

PWR16  
<ABDO>02m20.97  
HR 88 15:14:12

S5.00  
10HZ  
# 36

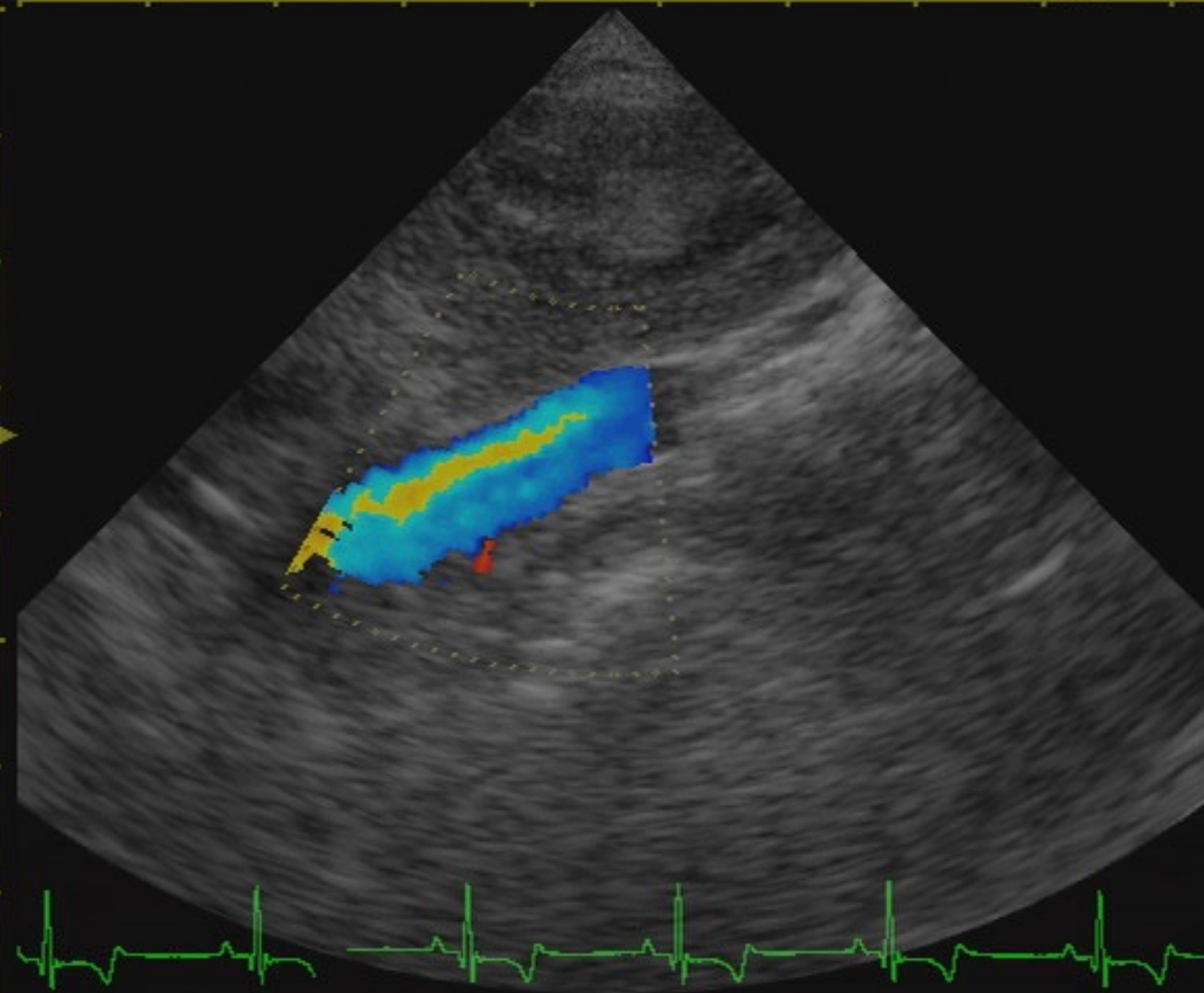
0.09



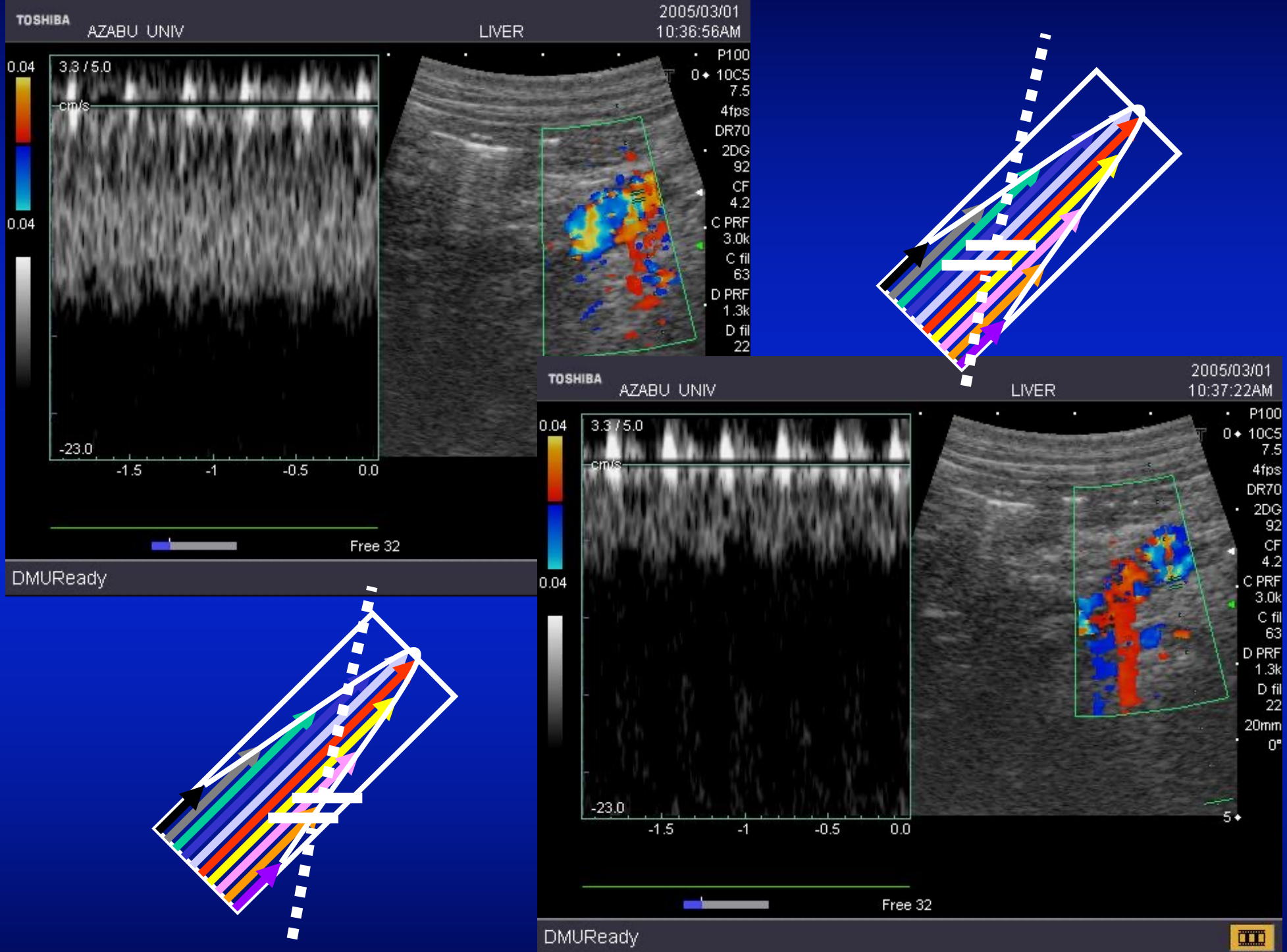
0.09

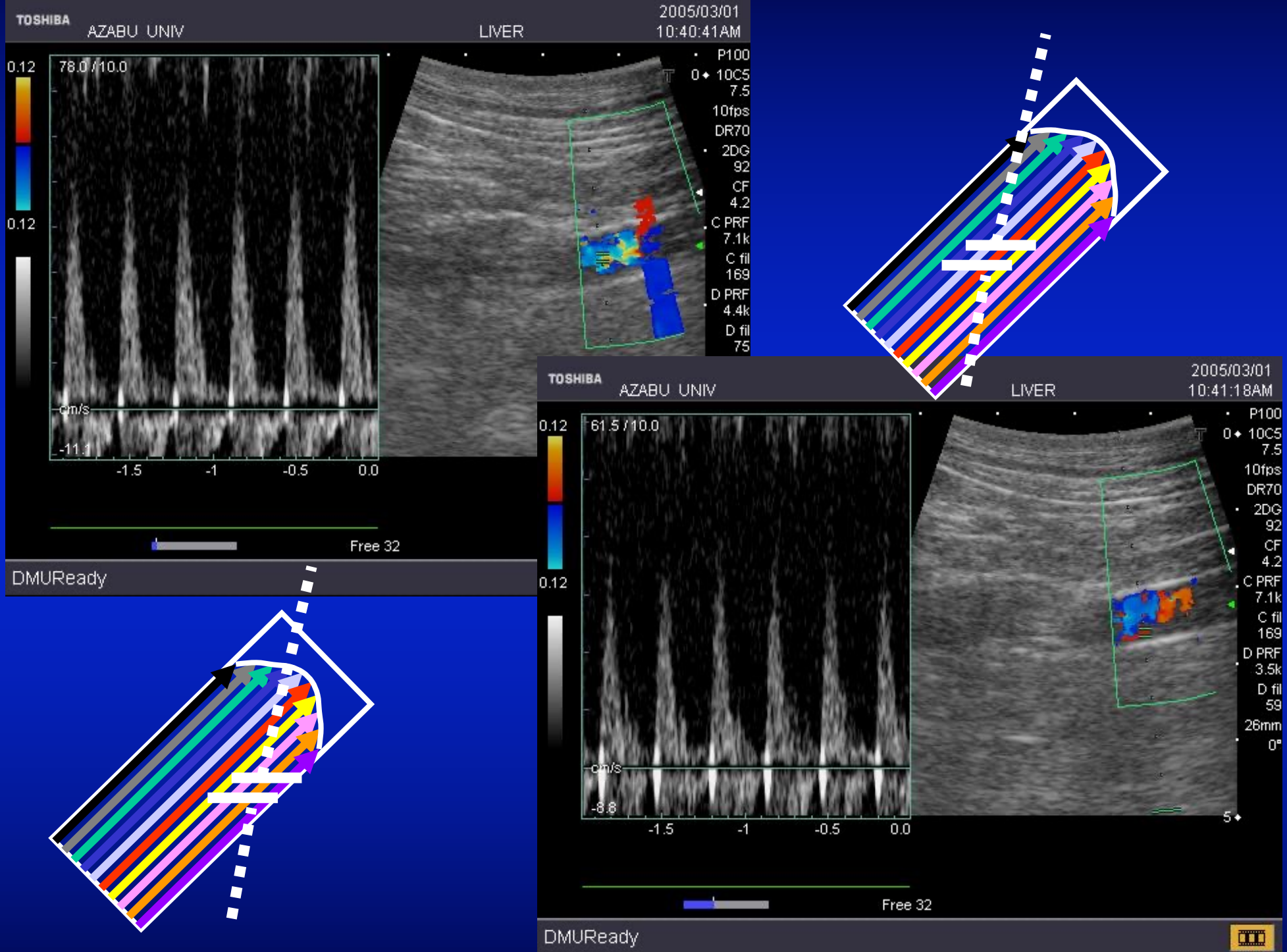
LL

B LP

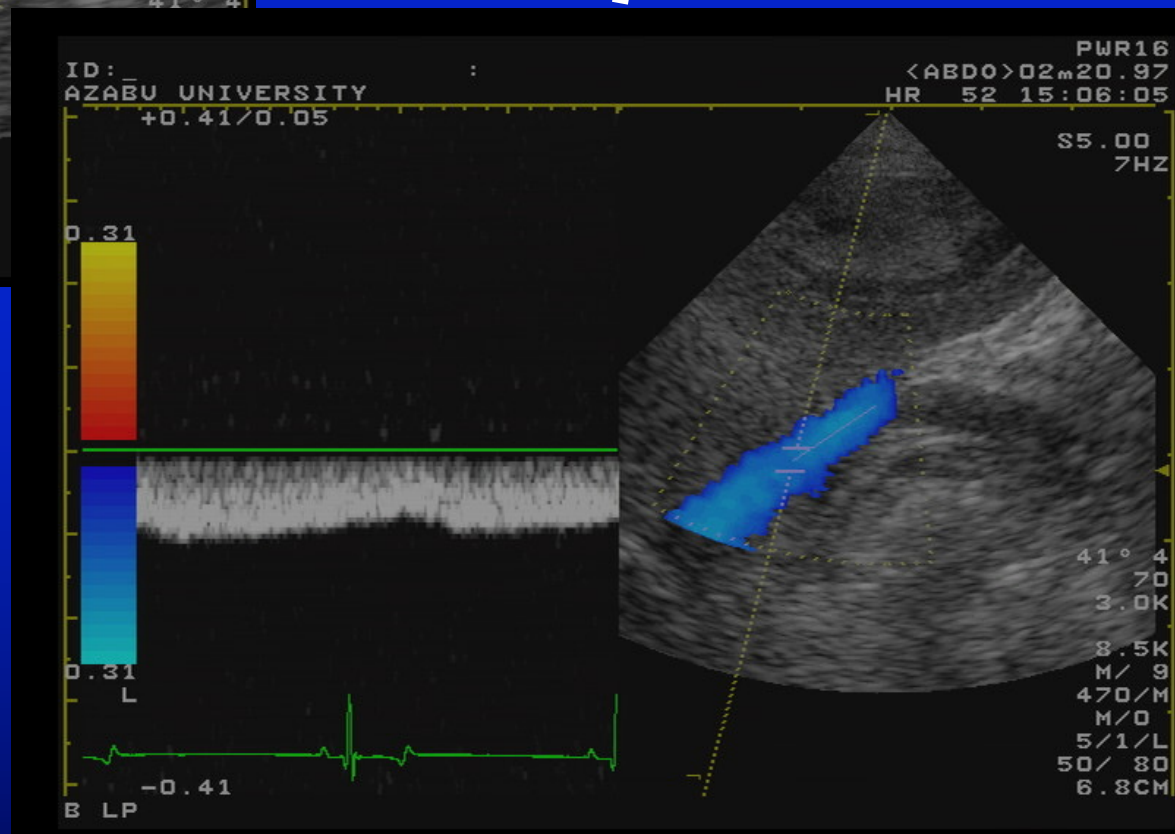
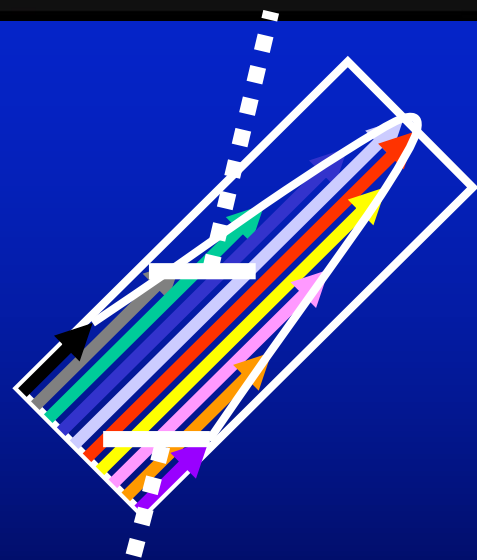
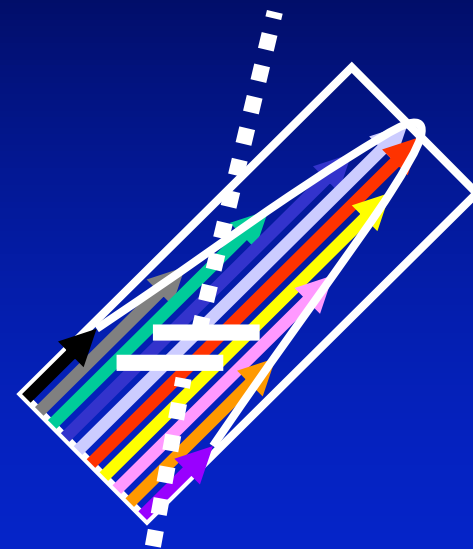
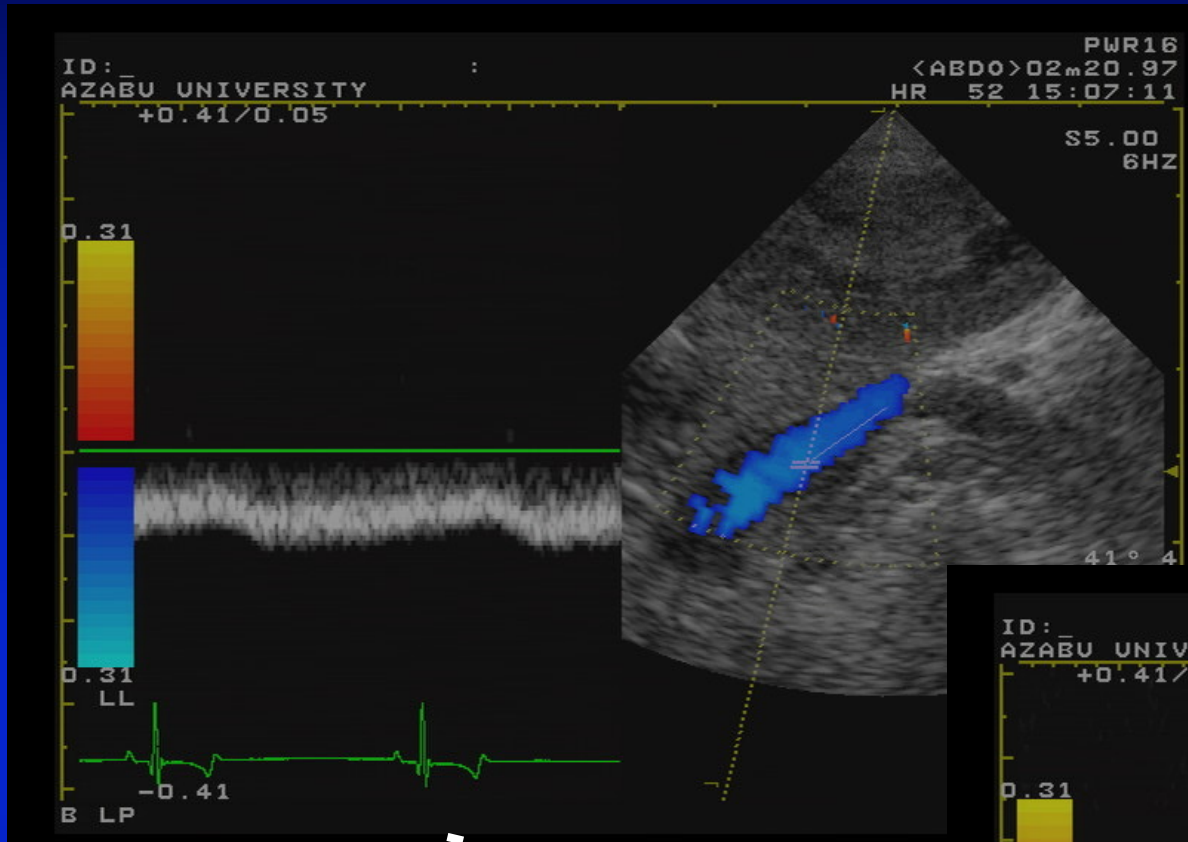


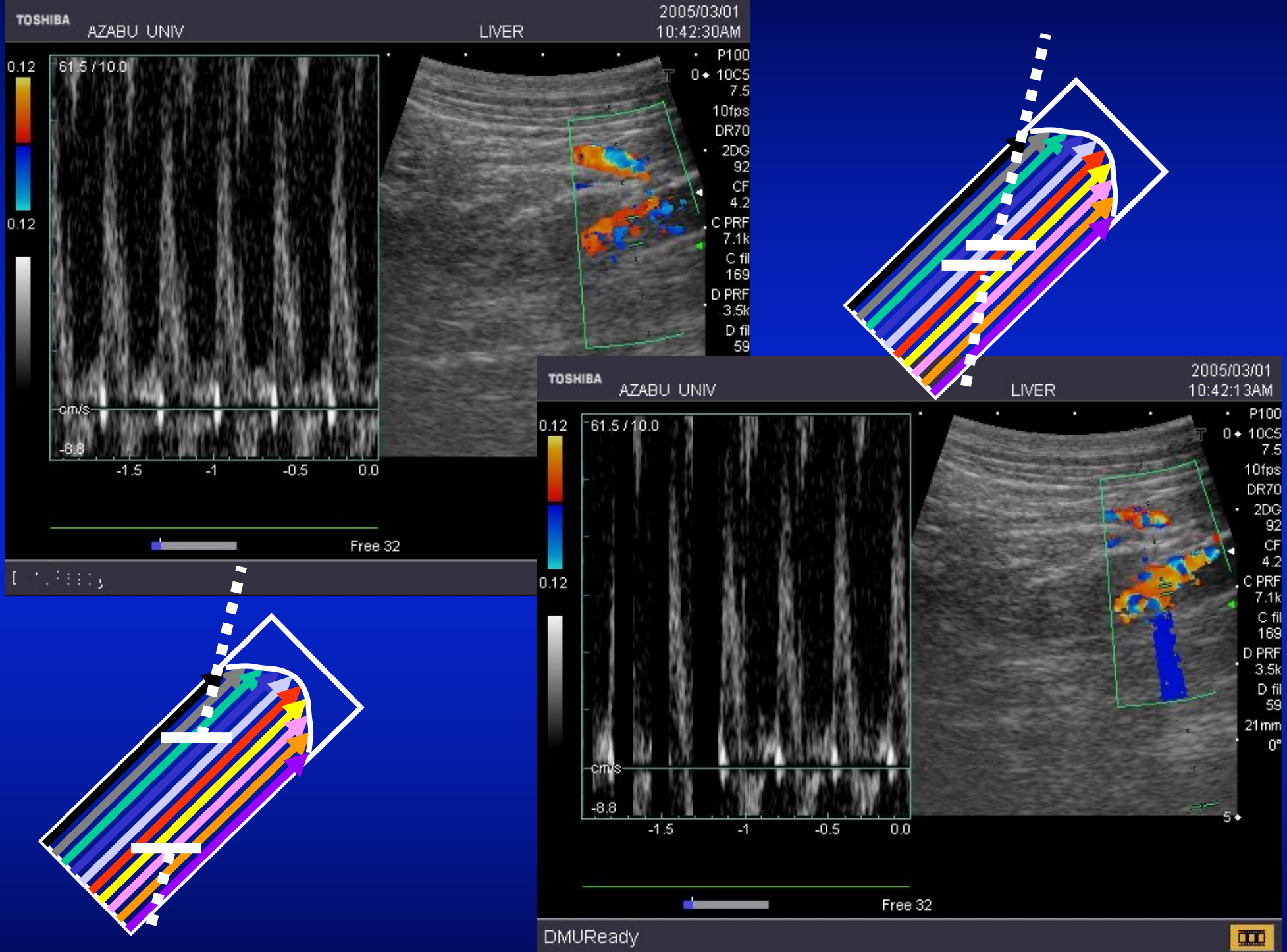
7.0K  
M/ 9  
136/M  
M/0  
5/1/L  
50/ 80  
8.0CM



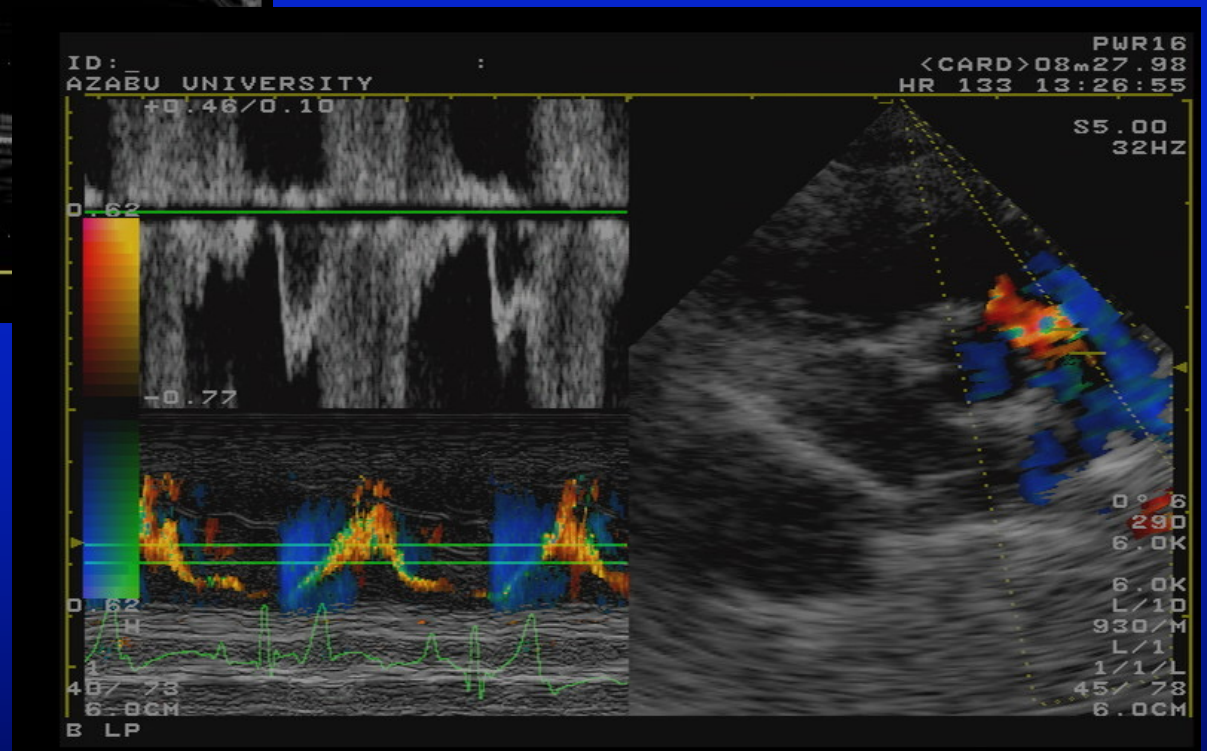
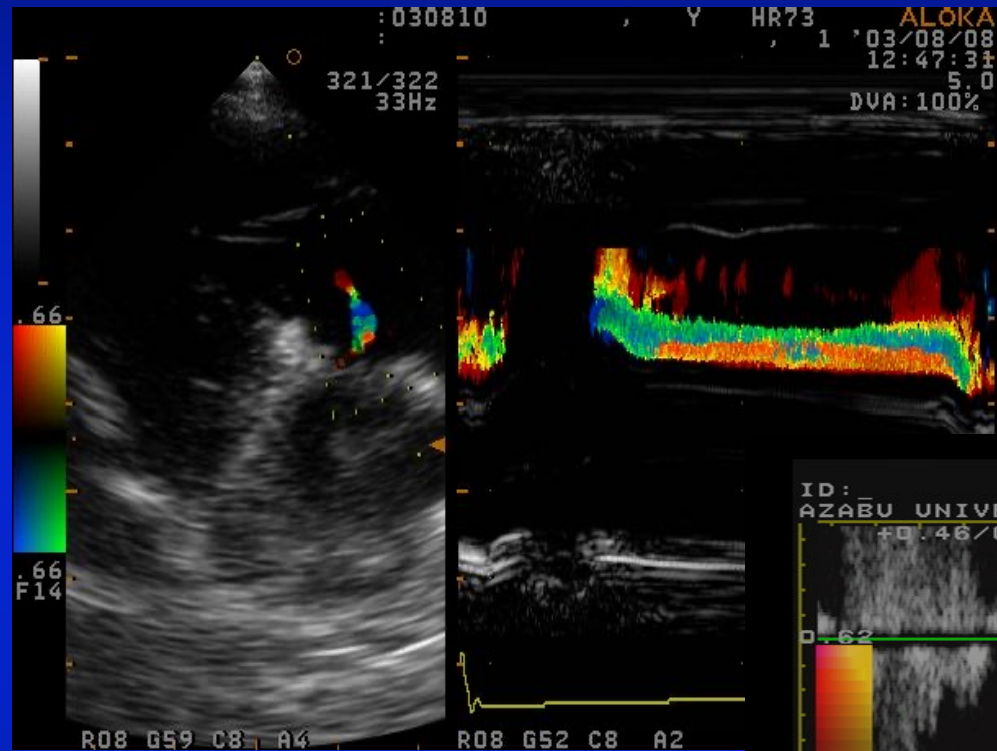






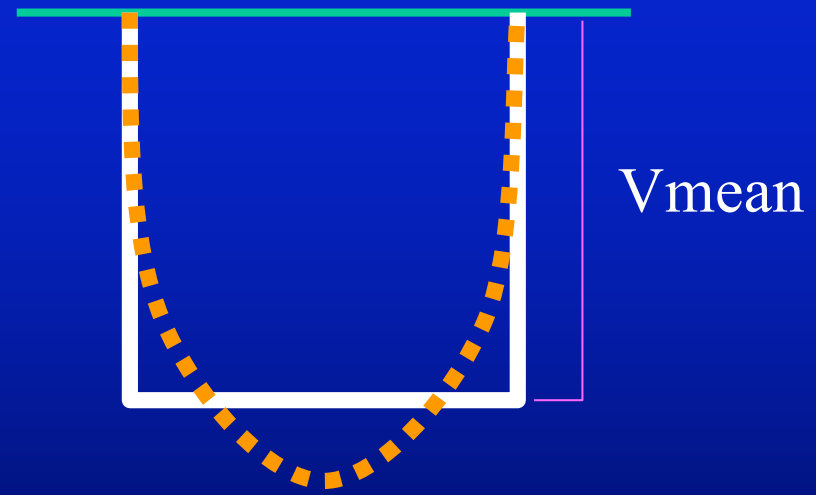
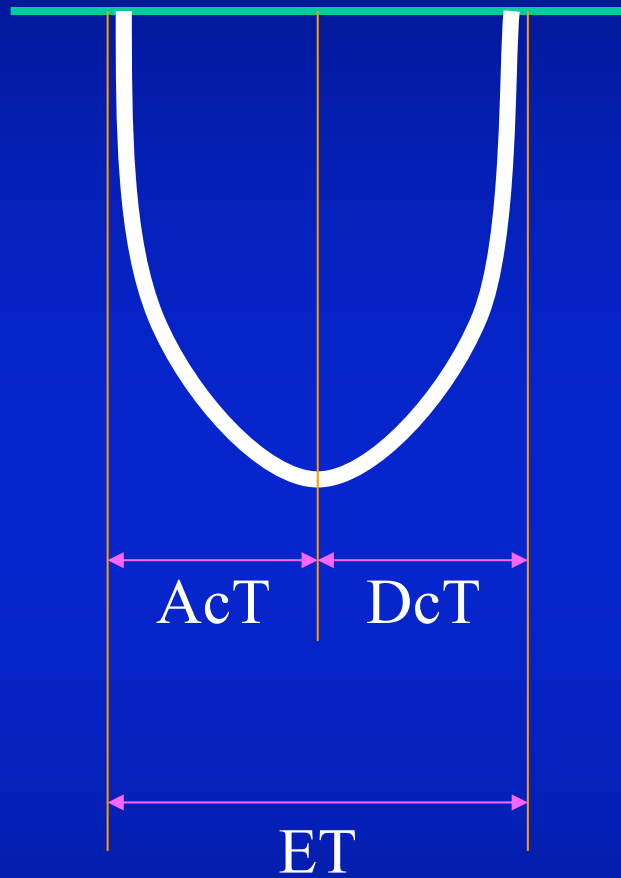


# 乱流 (Turbulent Flow)



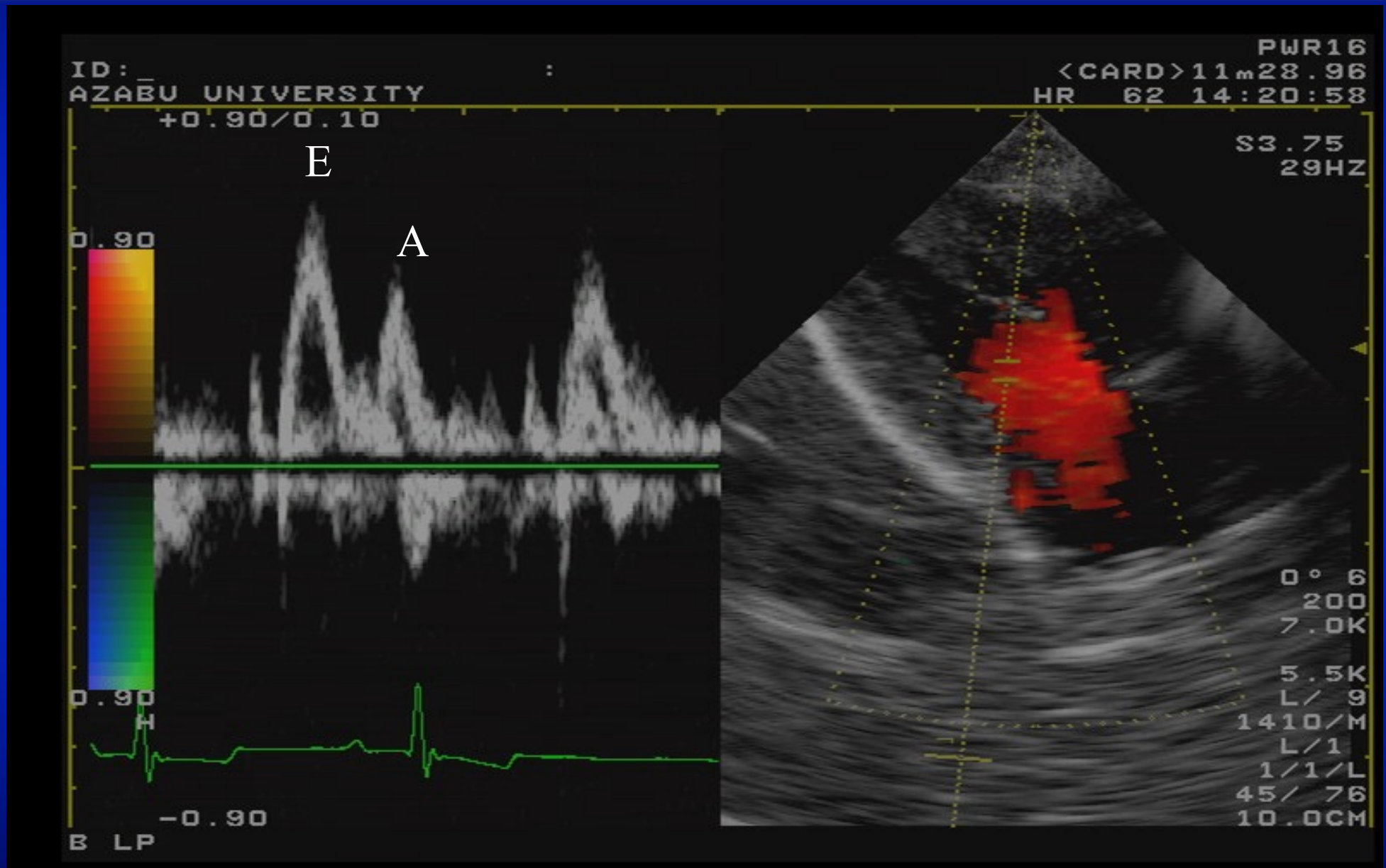


# ドプラ法における血流の名称

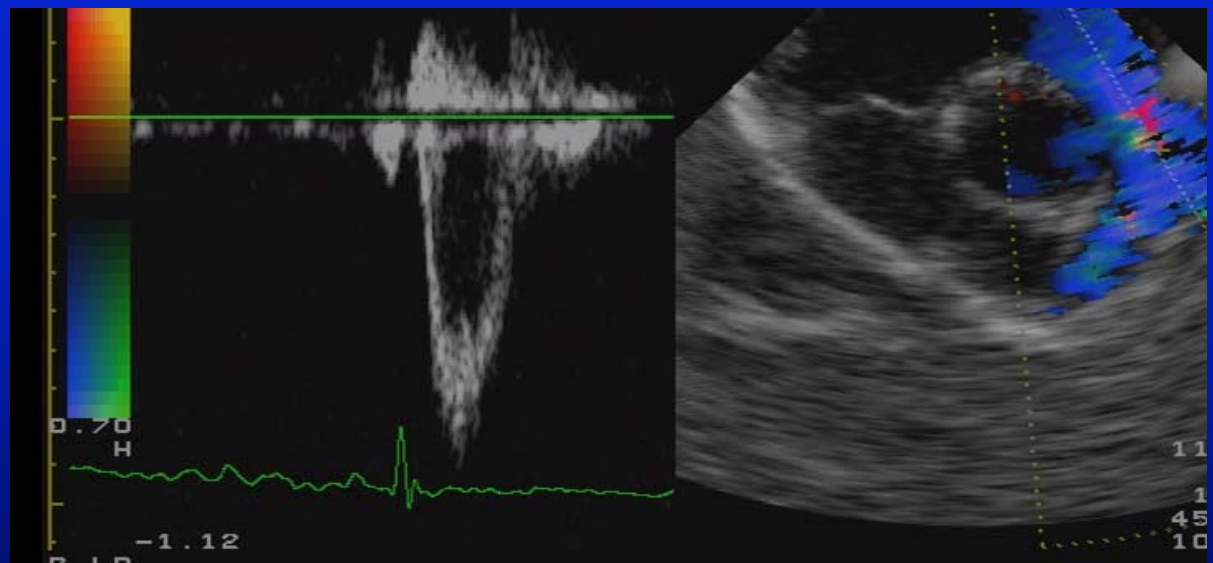
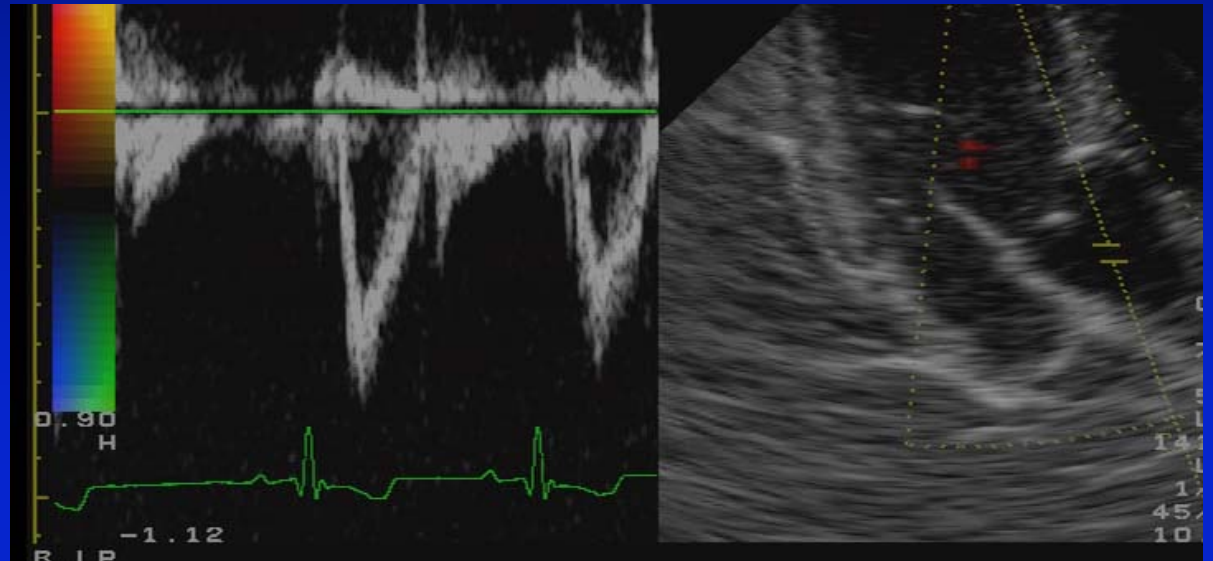


ET :Ejection Time 駆出時間  
AcT:Acceleration Time 加速時間  
DcT:Deceleration Time 減速時間

# 房室弁の正常血流

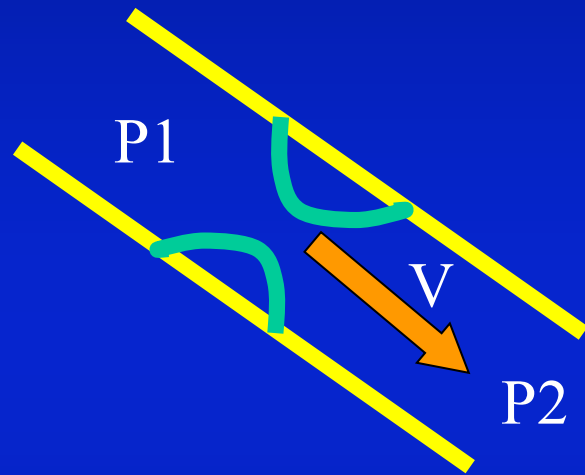


# 大動脈・肺動脈の正常血流



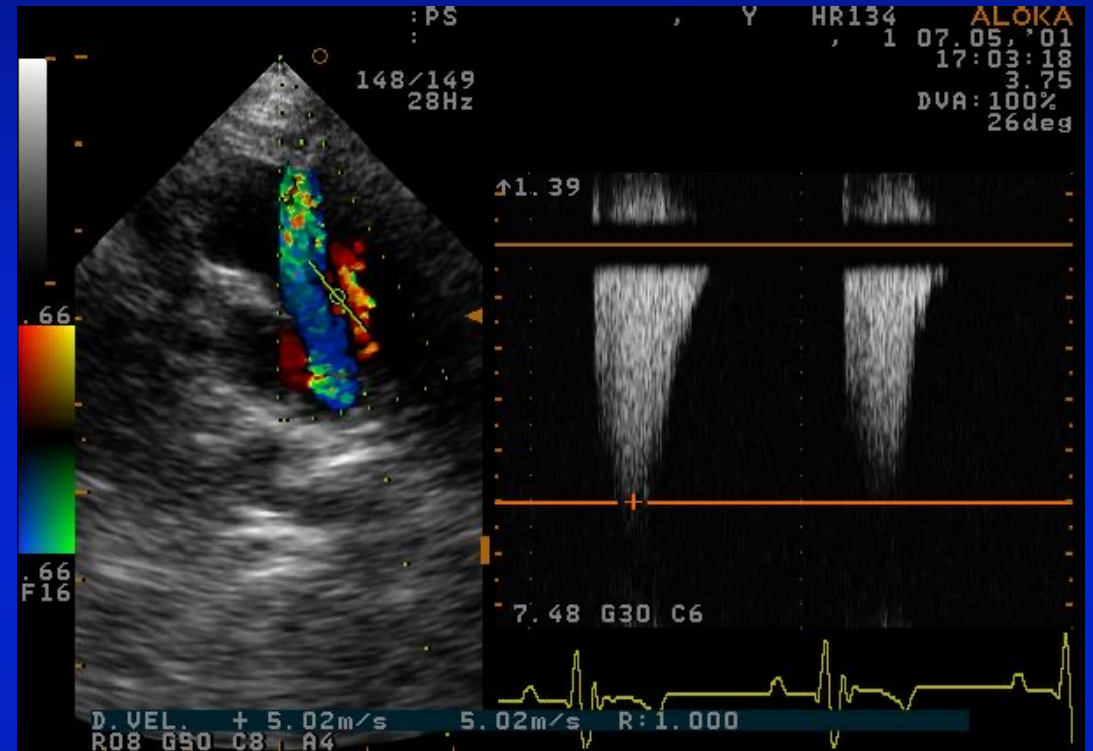
# 圧較差の測定

## ベルヌーイの簡易式



$$\Delta P = P1 - P2$$

$$\Delta P = 4V^2$$



PS例

$$\begin{aligned} \text{圧較差} &= 4 \times 5.02(\text{m/sec})^2 \\ &= 100.8(\text{mmHg}) \end{aligned}$$

## 末梢血管抵抗の指標

抵抗指数 Resistance Index(RI)

拍動指数 Pulsatility Index(PI)

$$RI = \frac{V_{max} - V_{min}}{V_{max}}$$

$$PI = \frac{V_{max} - V_{min}}{V_{mean}}$$

# 超音波を利用した生検法



# 生検の種類

生検の種類	利点	欠点
針生検	<ul style="list-style-type: none"><li>・安価</li><li>・侵襲が低い</li><li>・無麻酔で可能</li><li>・安全性が高い</li><li>・空洞生病変にも実施可能</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>・組織構築、 脈管内浸潤等が不明</li></ul>
Tru-Cut 生検	<ul style="list-style-type: none"><li>・侵襲が低い</li><li>・確定診断可能なサンプルが 採取できる</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>・麻酔または沈静を必要とする</li><li>・出血の危険がある</li><li>・空洞性病変位は実施できない</li></ul>
オープン バイオプシー	<ul style="list-style-type: none"><li>・直視下で生検が可能</li><li>・確定診断可能なサンプルが 採取できる</li><li>・治療を兼ねる</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>・麻酔を必要とする</li><li>・侵襲が高い</li><li>・入院が必要となる</li></ul>

# 生検の種類

---

## オープンバイオプシー

- 利点**
- ・直視下で生検が可能
  - ・確定診断可能なサンプルが採取できる
  - ・治療を兼ねる

- 欠点**
- ・麻酔を必要とする
  - ・侵襲が高い
  - ・入院が必要となる

# 生検の種類

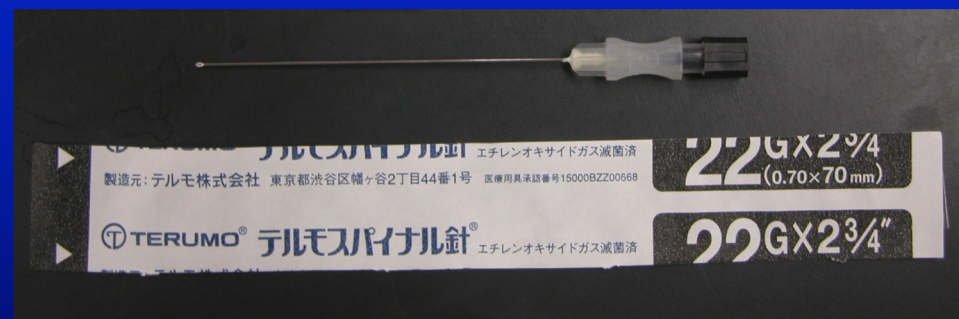
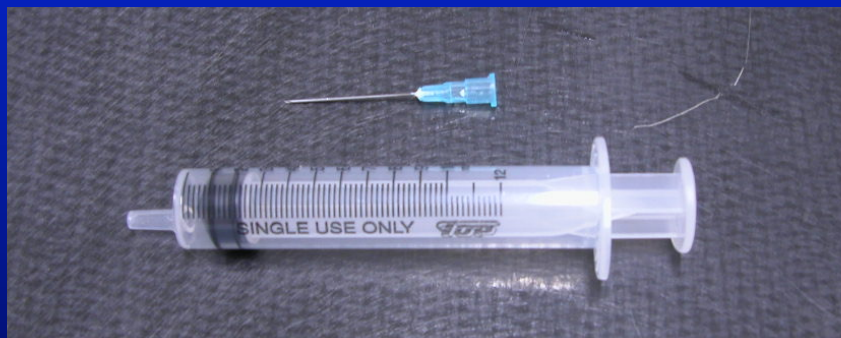
## 針生検

### 利点

- ・安価
- ・侵襲が低い
- ・無麻酔で可能
- ・安全性が高い
- ・空洞生病変にも実施可能

### 欠点

- ・組織構築が不明



# 針生検

一般的に25～21Gの針を使用

## 目的

細胞診

細菌・真菌培養ならびに感受性試験

液体(嚢胞内容液、胸水、心膜水、腹水)の性状検査

尿の採取

嚢胞や心膜水貯留の治療



# 生検の種類

## Tru-Cut生検

- 利点**
- ・侵襲が低い
  - ・確定診断可能なサンプルが採取できる

- 欠点**
- ・麻酔または沈静を必要とする
  - ・出血の危険がある
  - ・空洞性病変には実施できない



# Tru-Cut生検

一般的に18~14Gの針を使用

目的

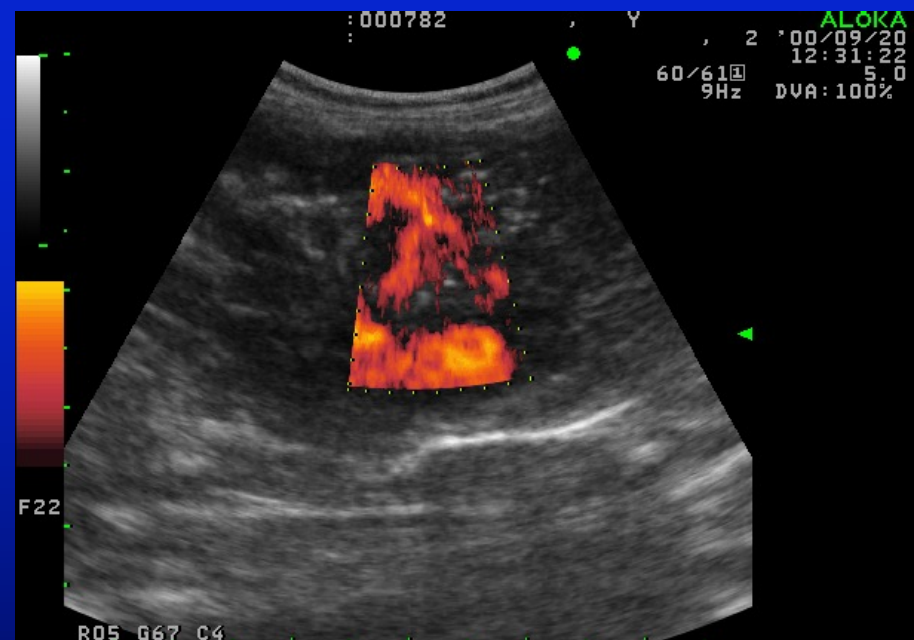
組織診断

禁忌

出血傾向

空洞性病変や嚢胞性病変

甲状腺腫瘍





# Tru-Cut生検

## 飼い主への説明

- 組織診断の必要性
- Tru-Cut生検ならびにオープンバイオプシーの利点と欠点

具体的には

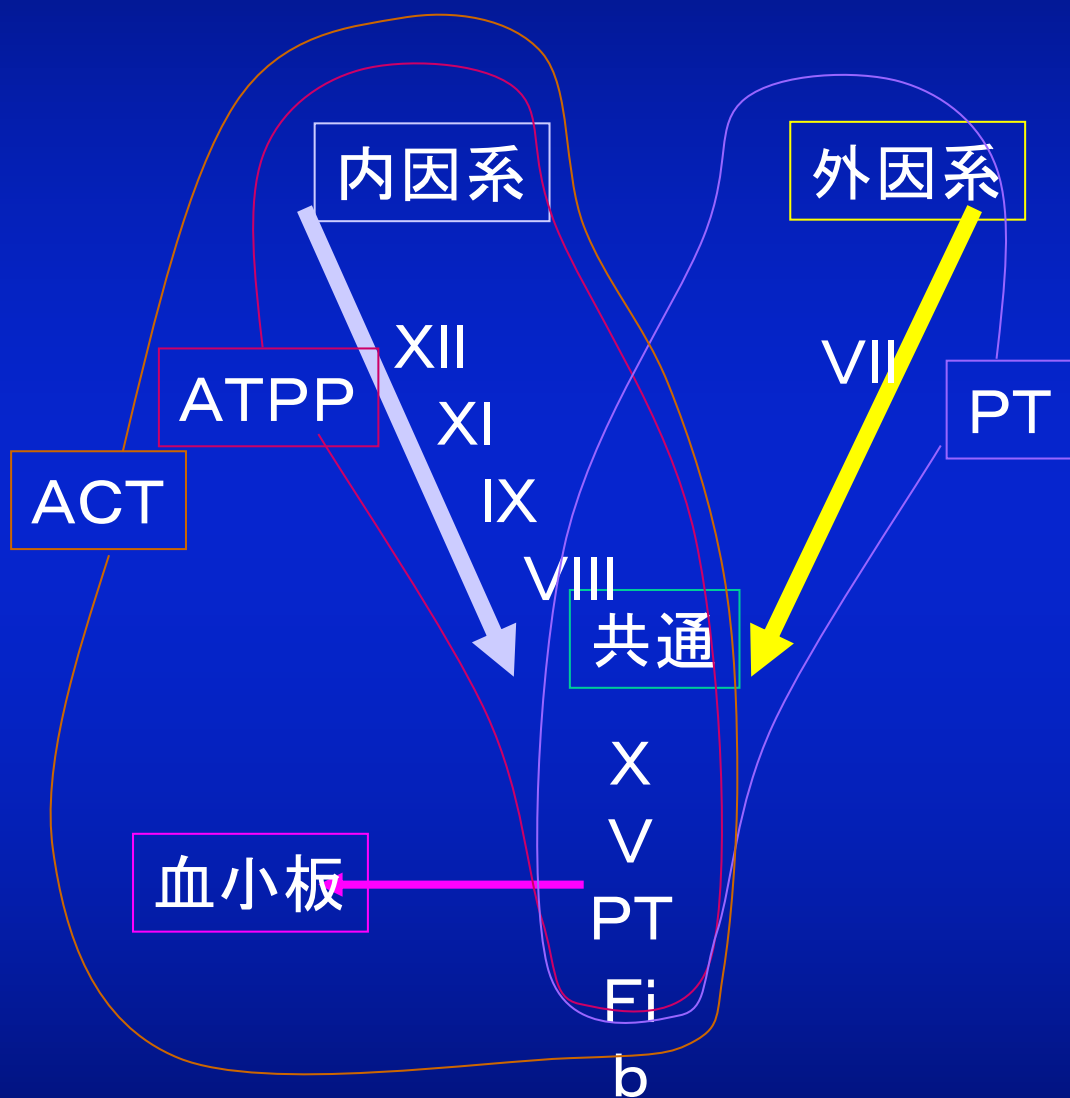
### Tru-Cut生検

出血などの重度な合併症(1.2%)  
腫瘍細胞の散布(2/11700)  
侵襲性が低い  
入院を必要としない

### オープンバイオプシー

侵襲性が高い  
入院を必要とする  
試験開腹を兼ねる  
確実な場所と大きさのサンプルが採取可能  
治療につながる

# Tru-Cut生検



## 術前検査(止血機能)

- 臨床的に出血傾向がないこと
- 血小板
 

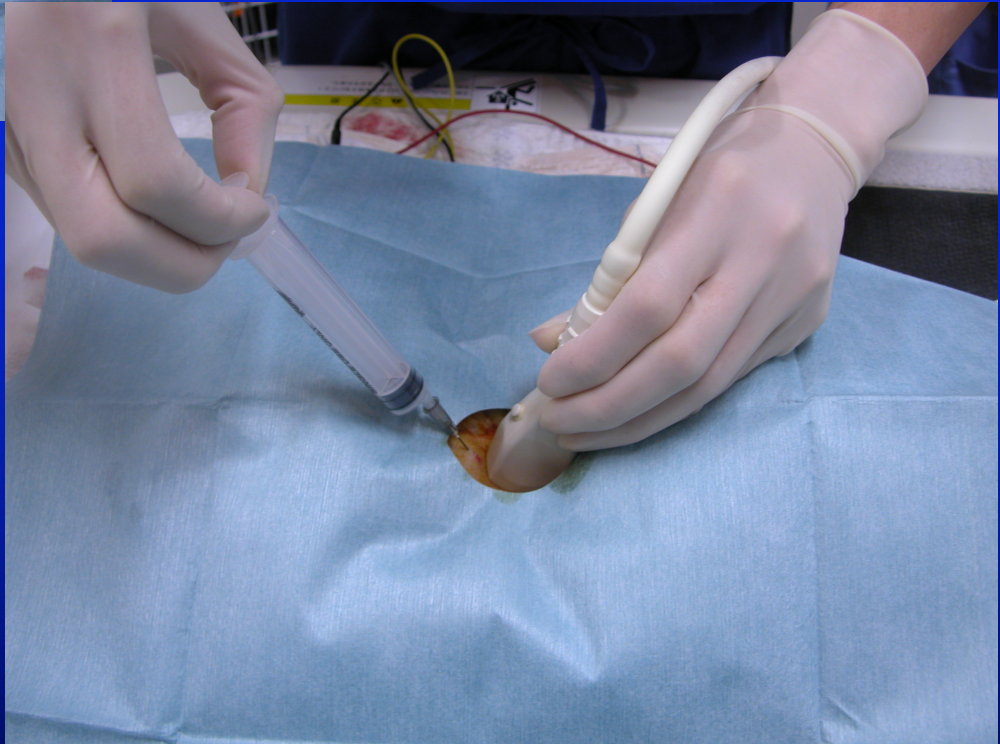
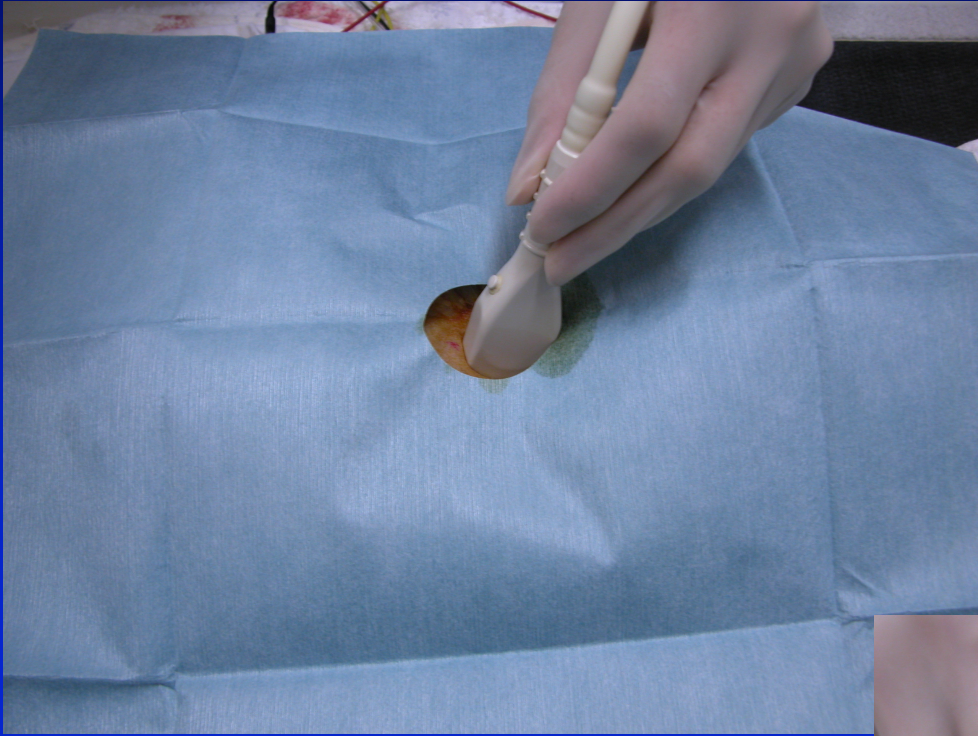
血小板数	50000/ $\mu$ l 以上
機能と数	活性化凝固時間 ACT
	犬:2分未満
	猫:65秒未満
- 凝固因子
 

内因系	活性化部分トロンボプラスチン時間
	APTT 13~19秒(犬、猫)
活性化凝固時間	ATC
外因系	プロトロンビン時間
	PT 7~10秒(犬、猫)

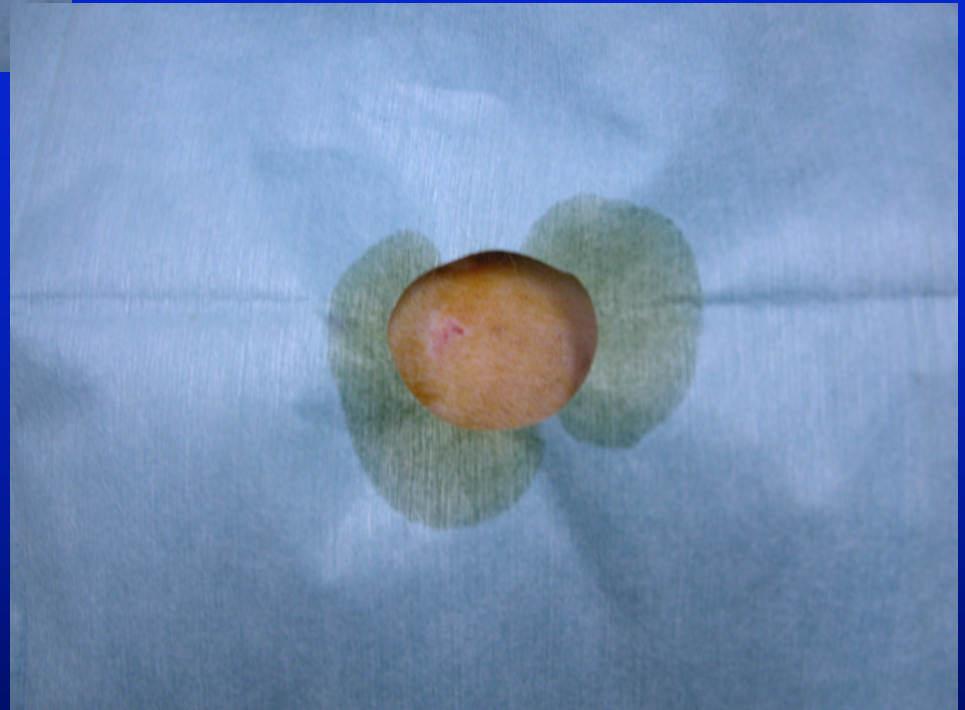
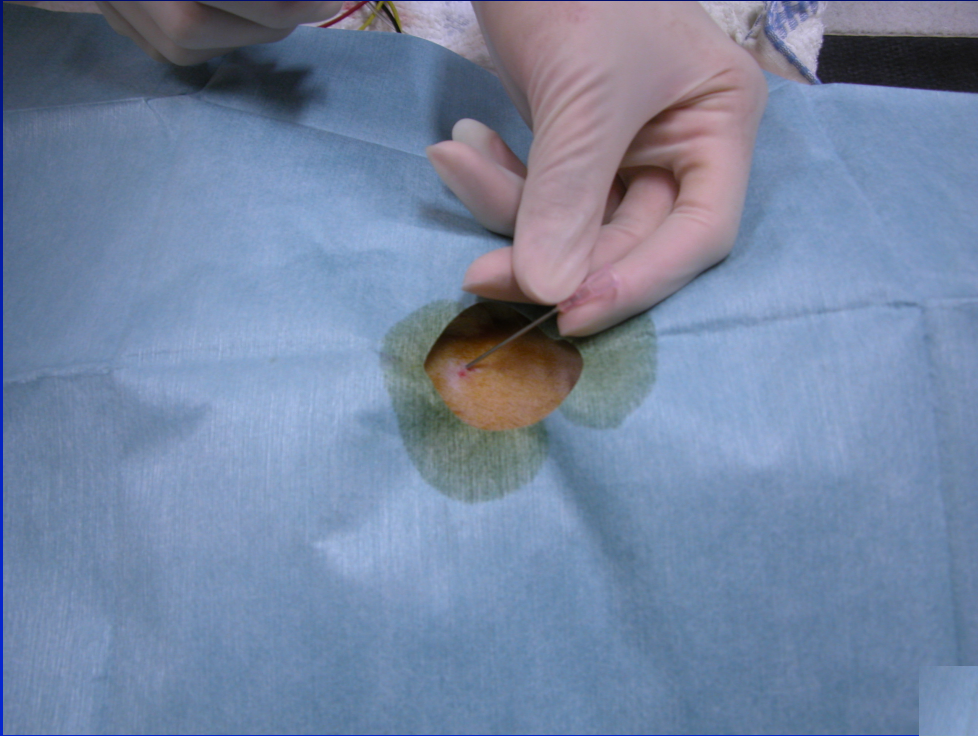




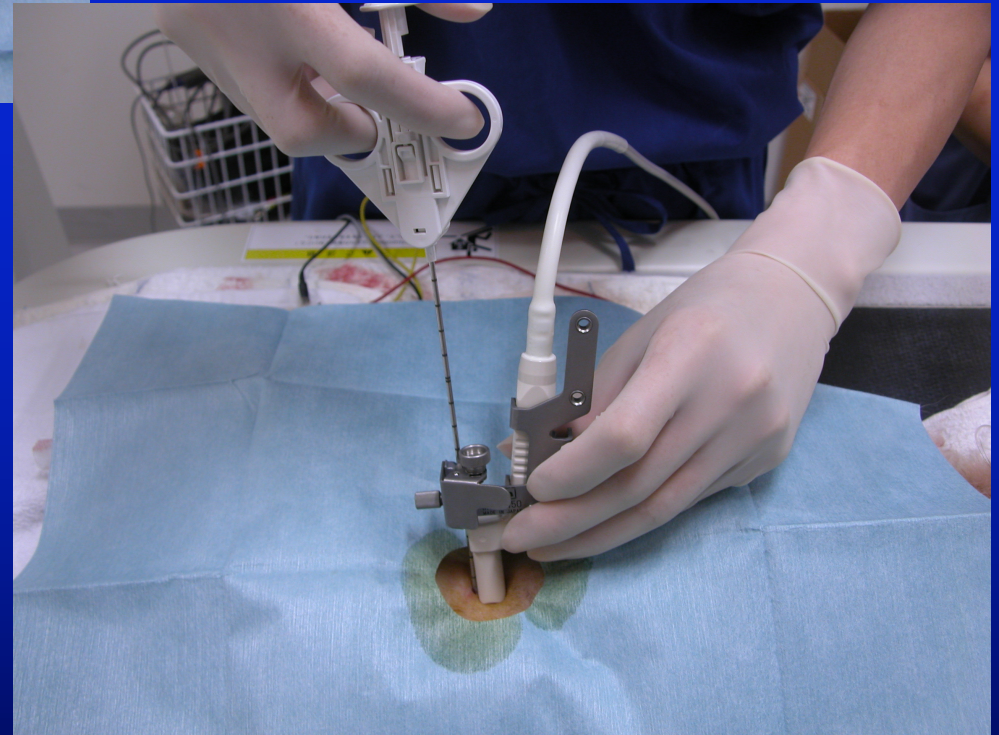
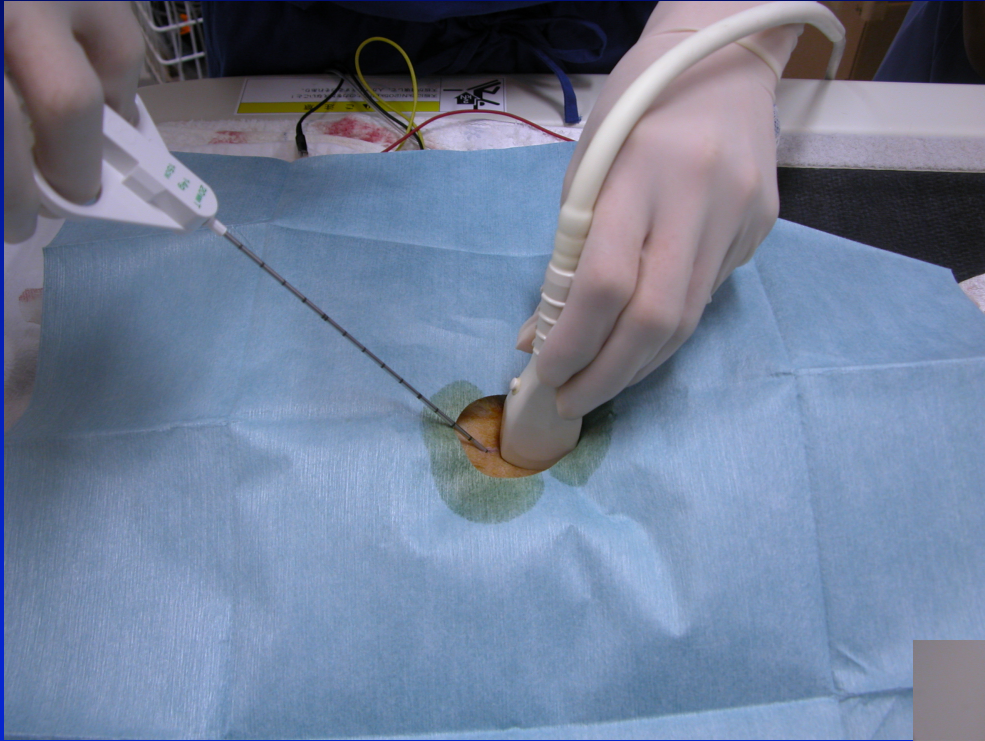


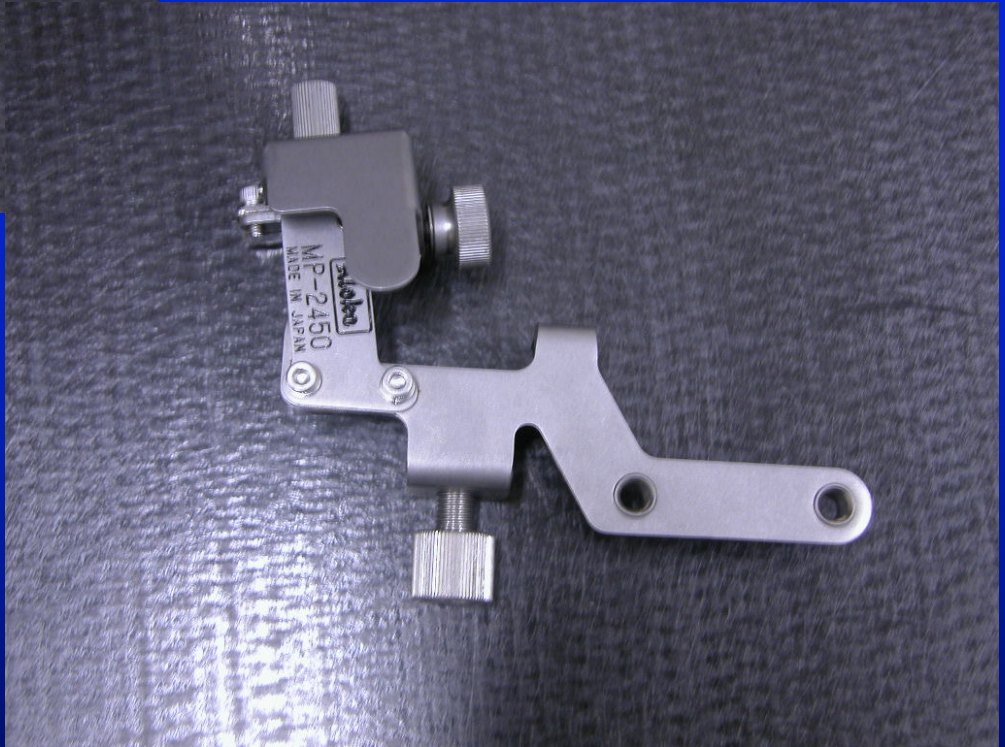
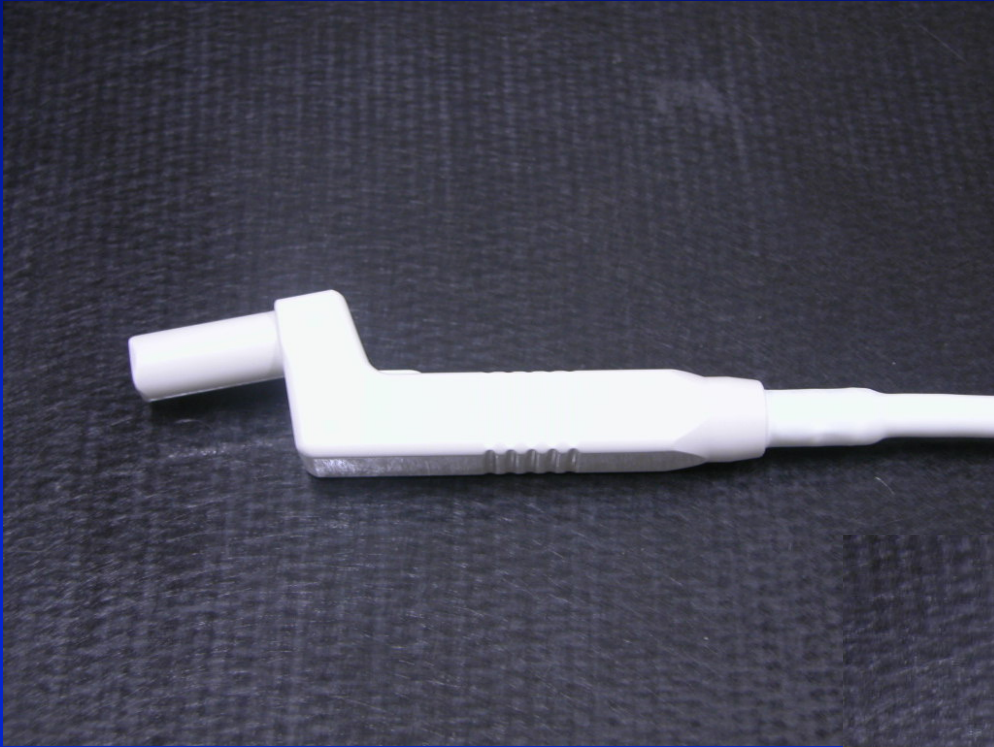




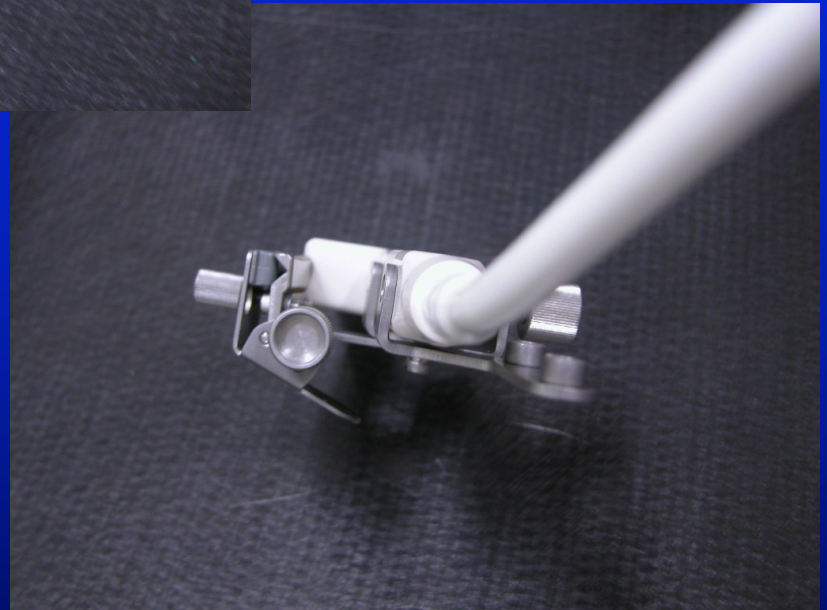
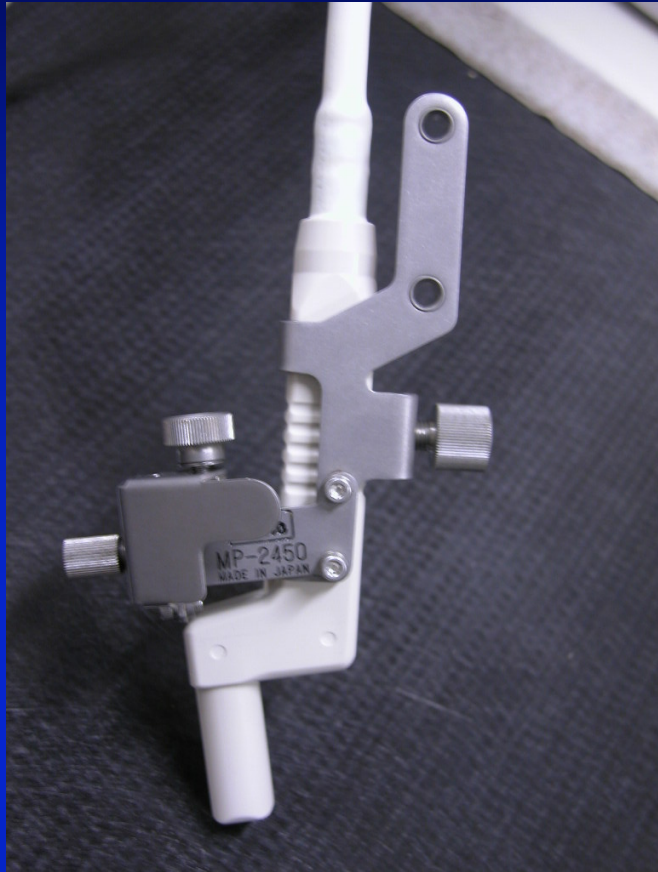


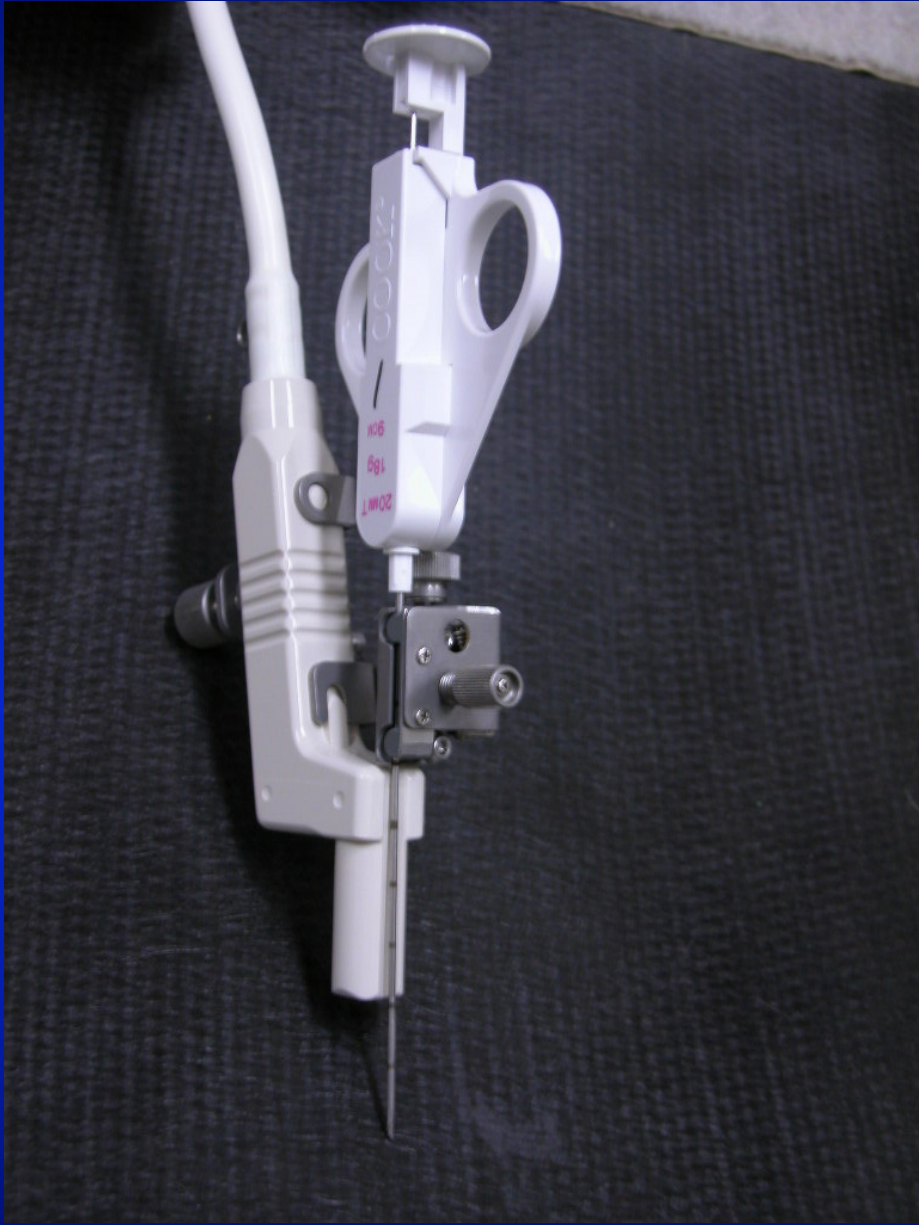






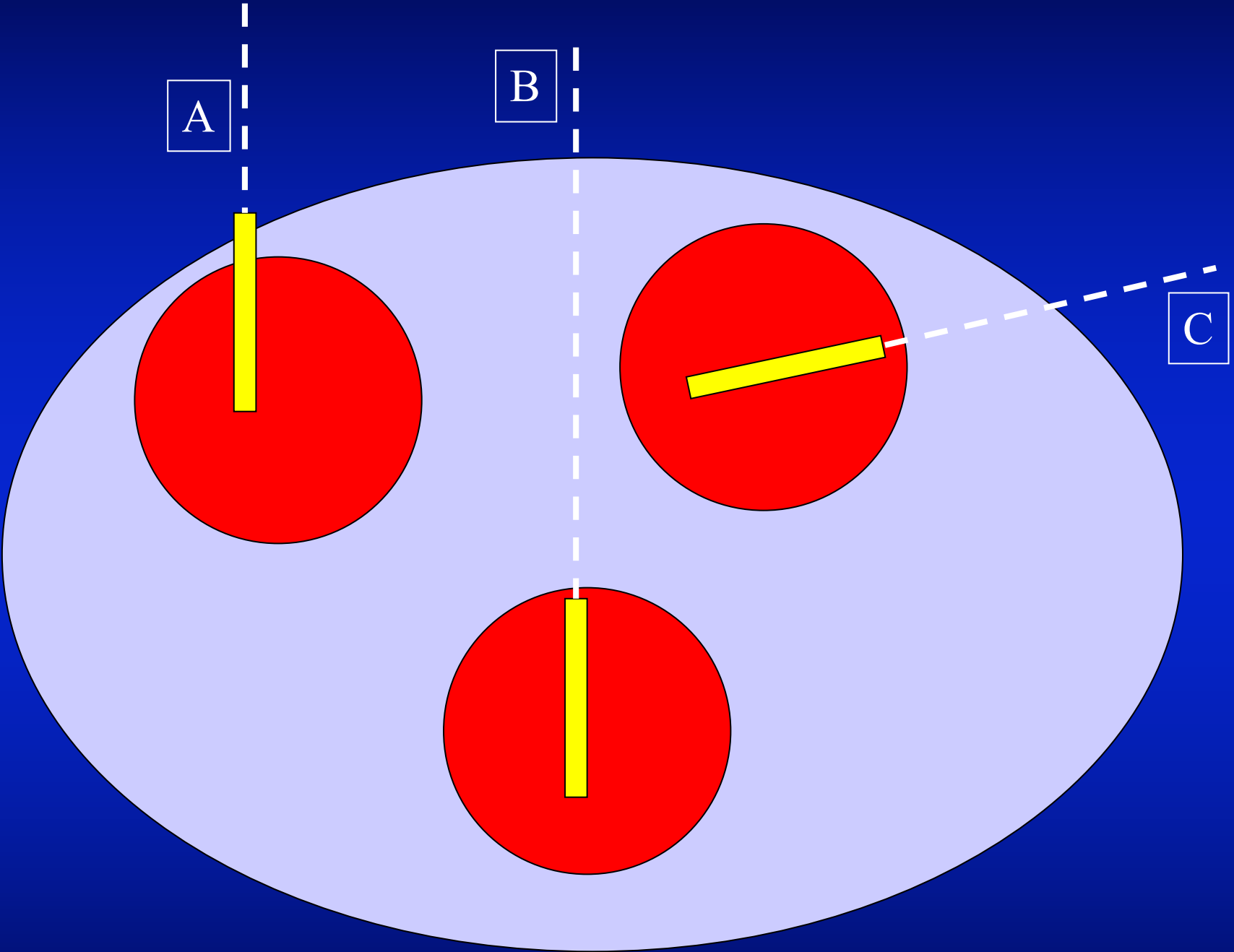




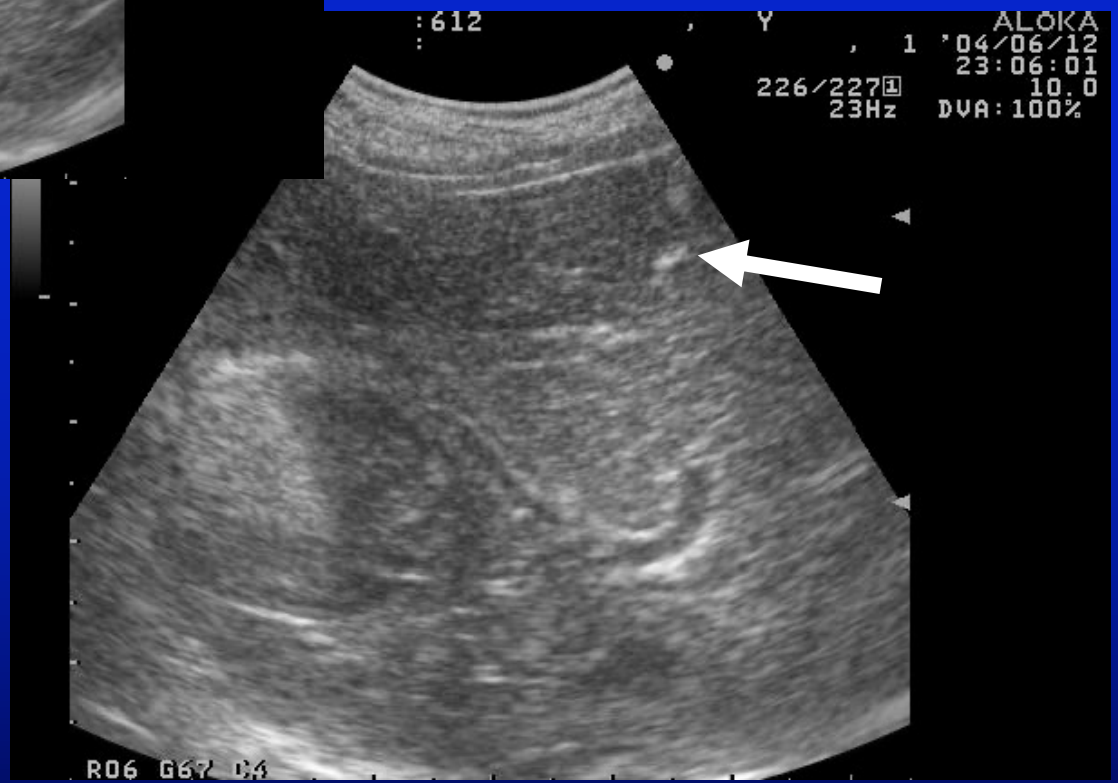


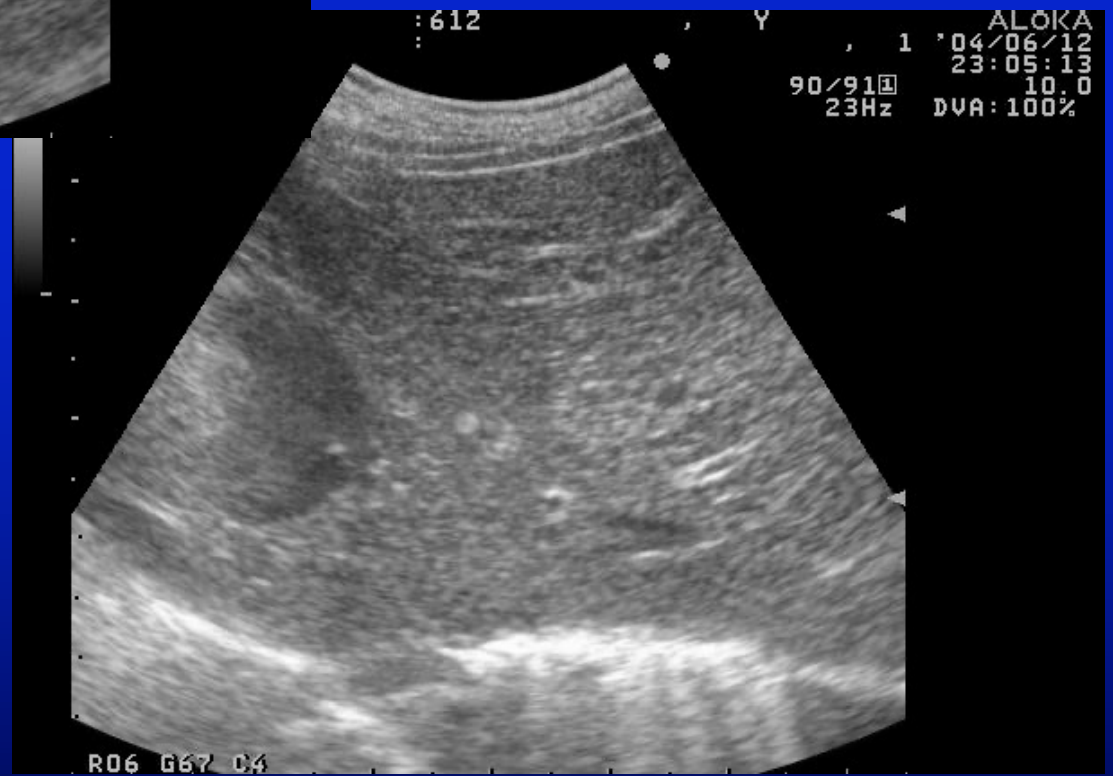
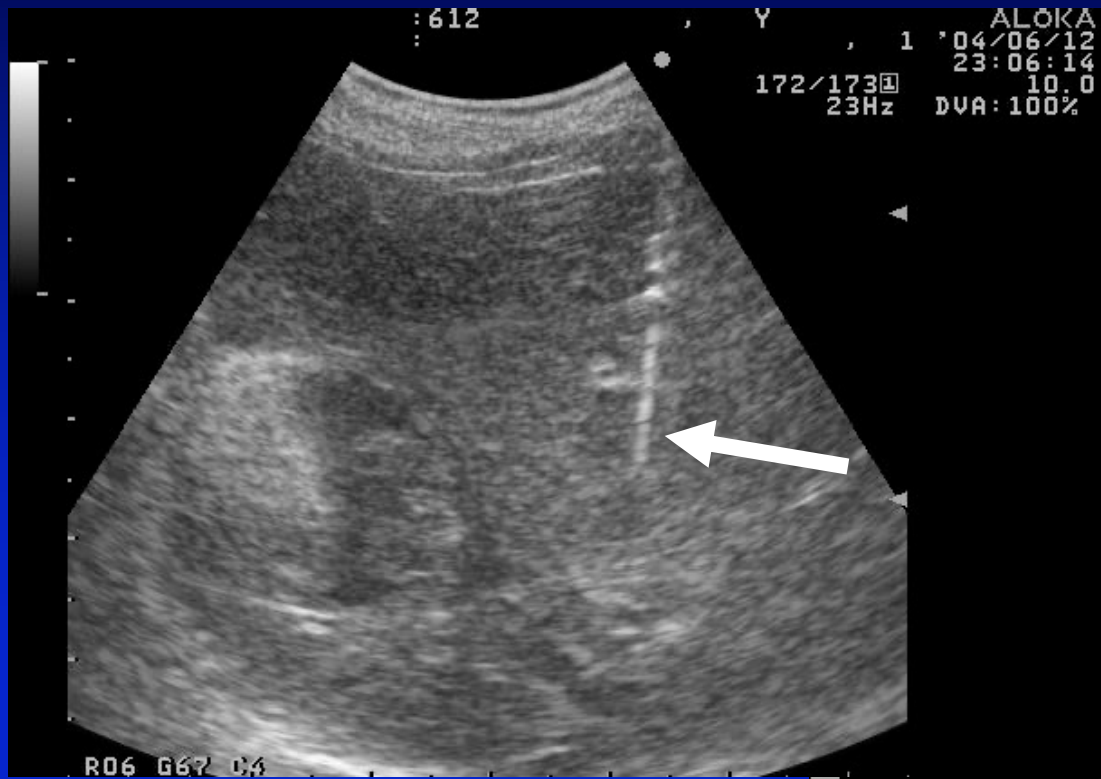


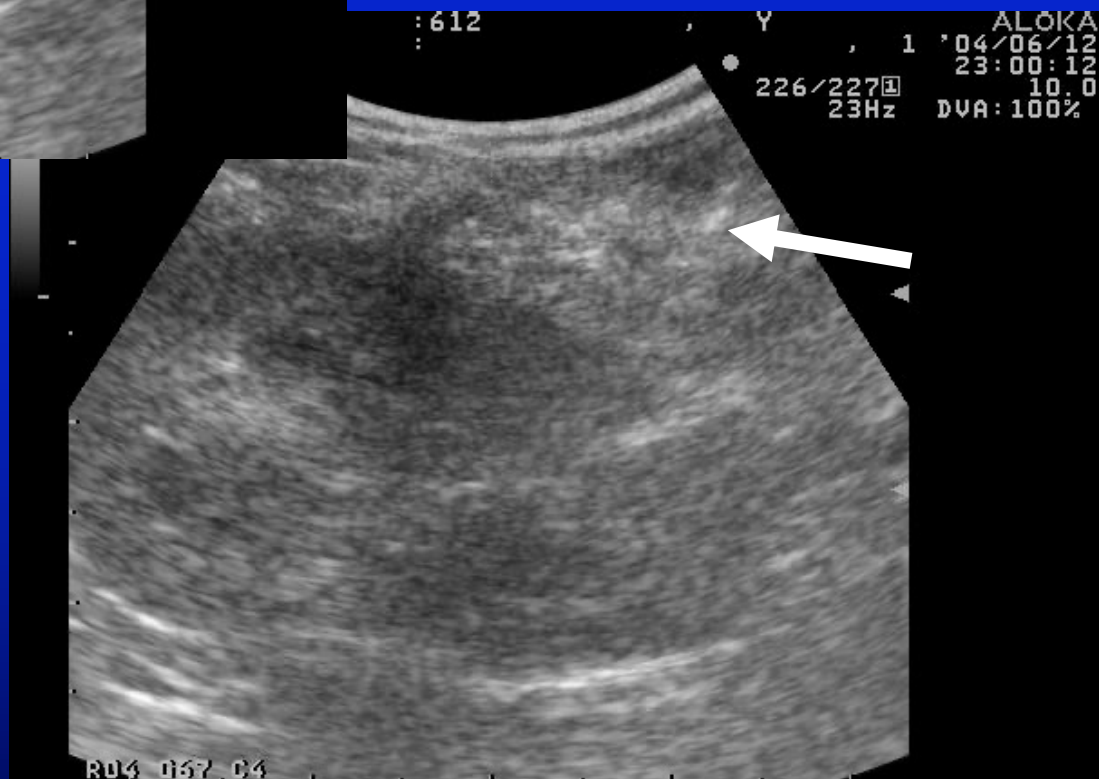










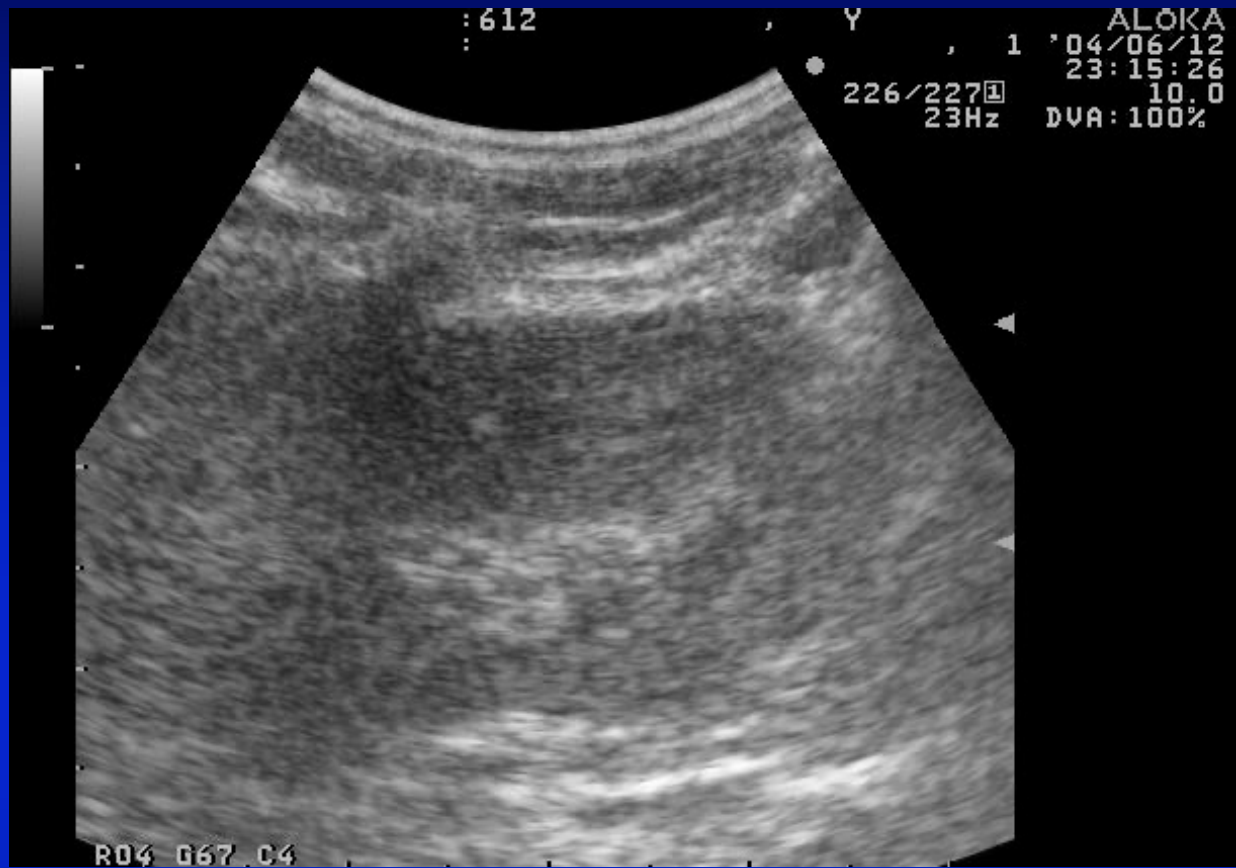








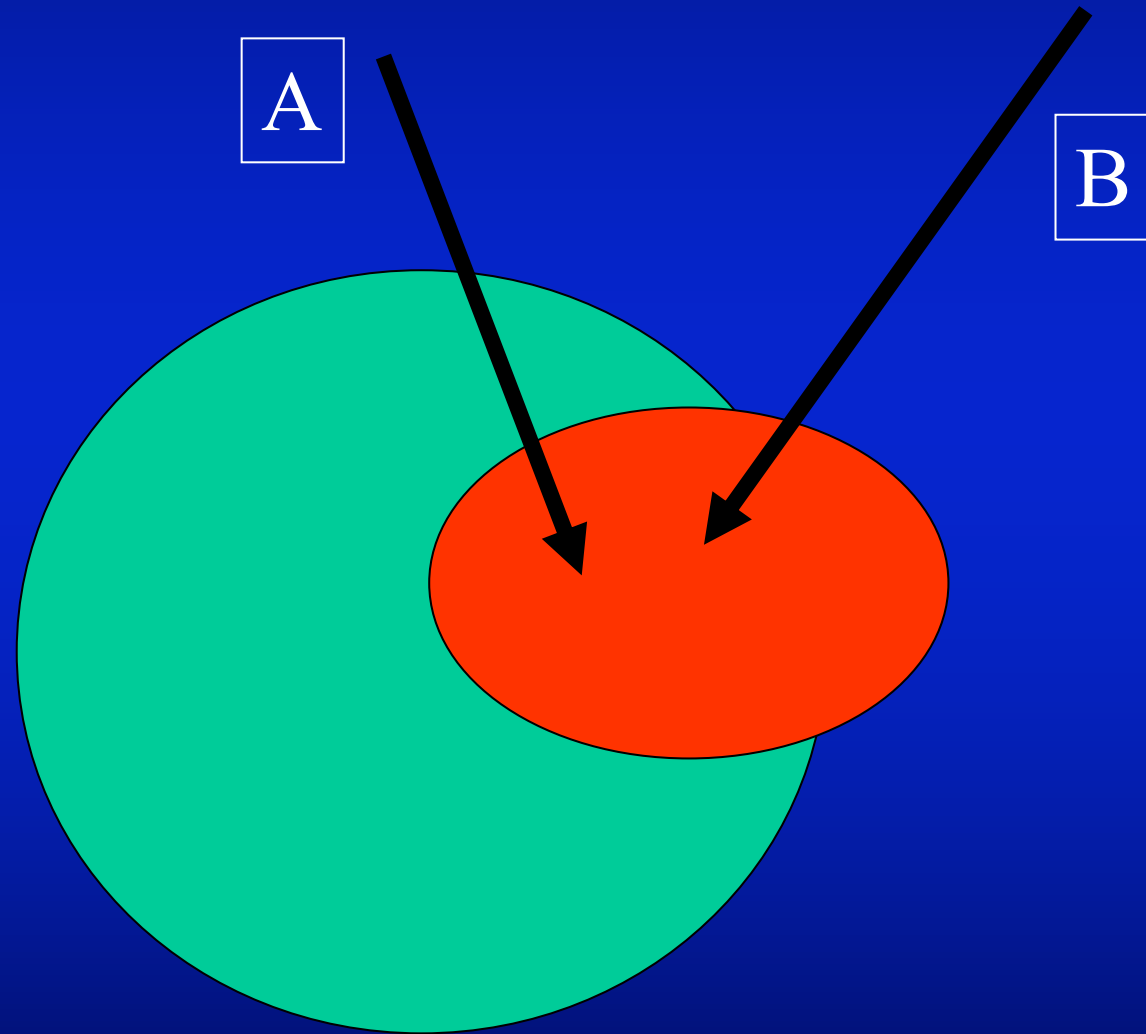






# 穿孔により腹膜炎などのリスクを伴う部位の経路

---









# 生検中の注意事項

---

- 針はプローブと同様の角度を保つ
- 針先を見失ったら、針を静止させ、  
プローブを動かすことによって探す



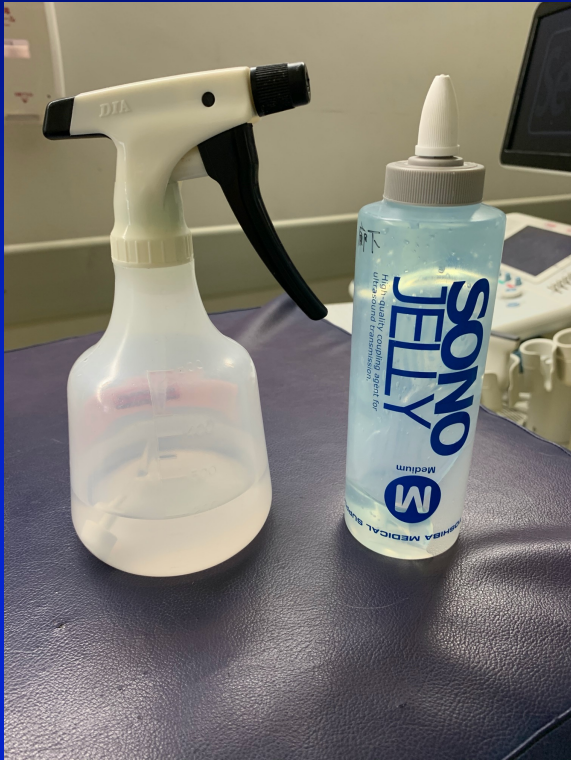
針先を左右前後に動かさない。  
プローブの角度を針の角度にあわせ  
針を上下に動かす動作は安全で、  
針先の確認を容易にする。

# 検査後の処置

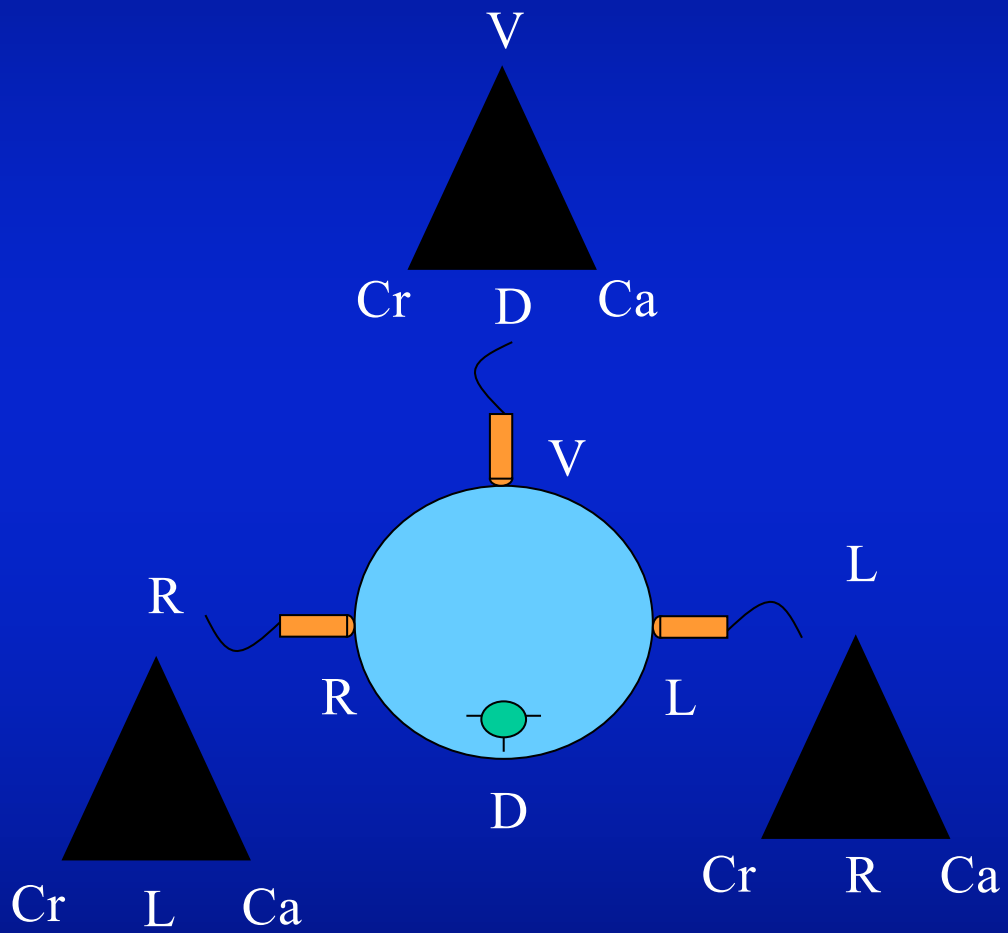
---

- 術前術後ともに十分な輸液を行い水和する
- 穿刺部位が可能な限り  
重力方向に来るような体位にする
- 術直後、30分、1時間程度で穿刺部位における  
出血の有無を確認（腎臓では血尿の確認）

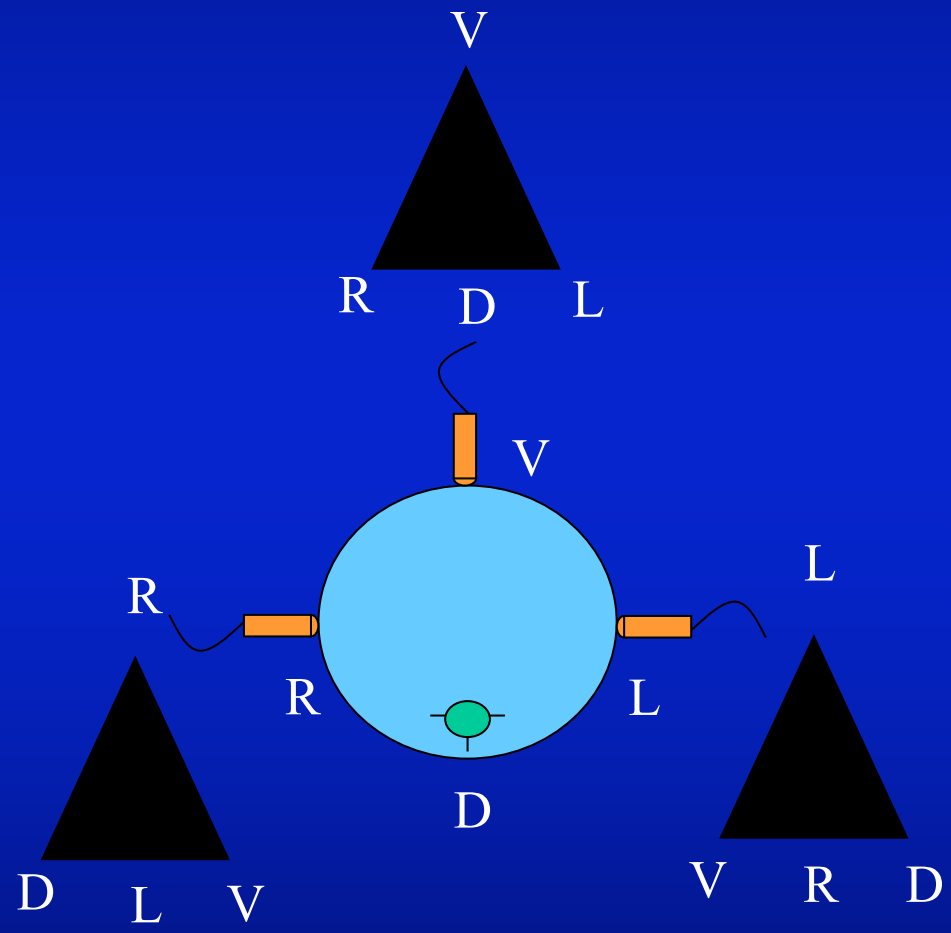
# 腹部超音波検査法



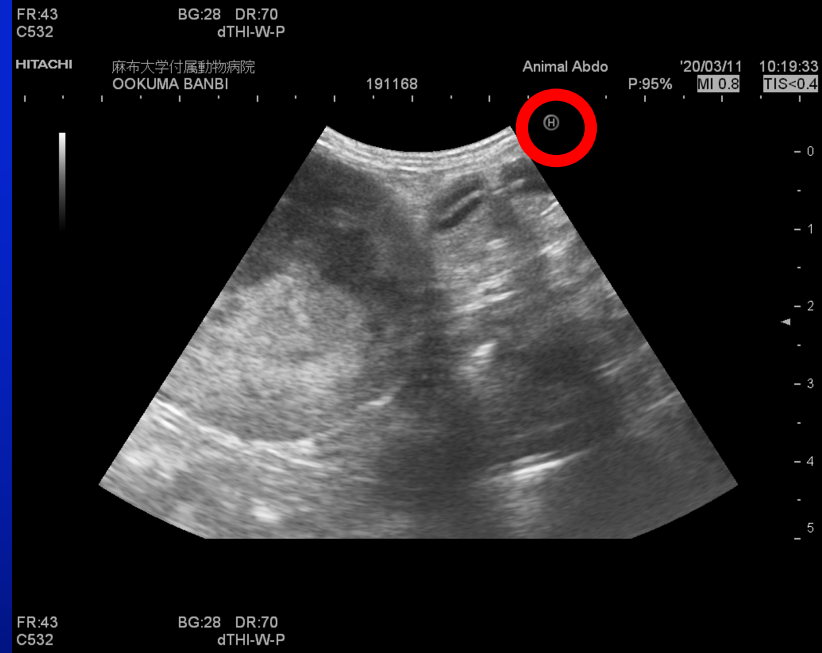
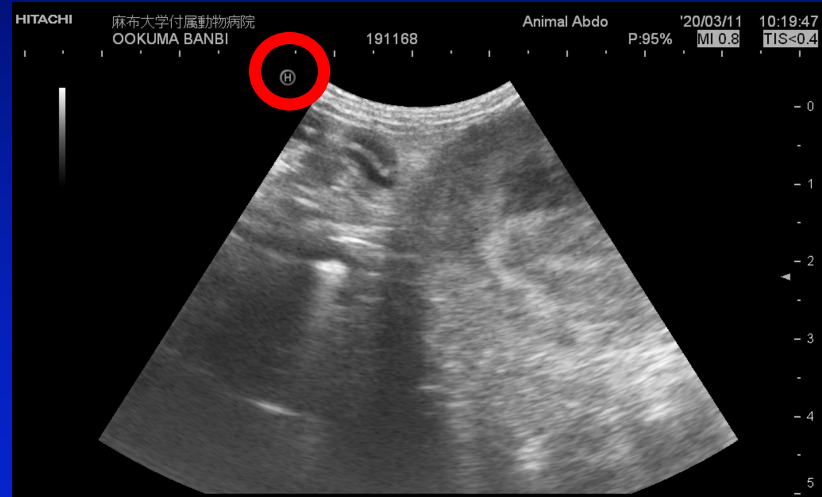
縦断像における画像表示

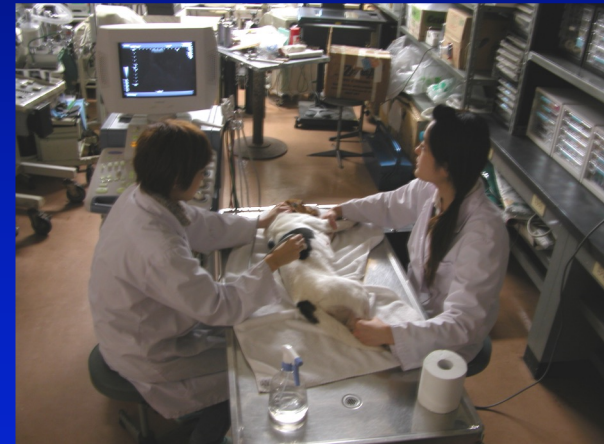
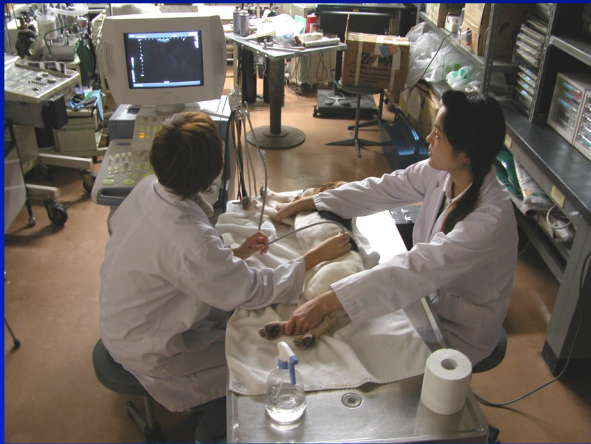


横断像における画像表示

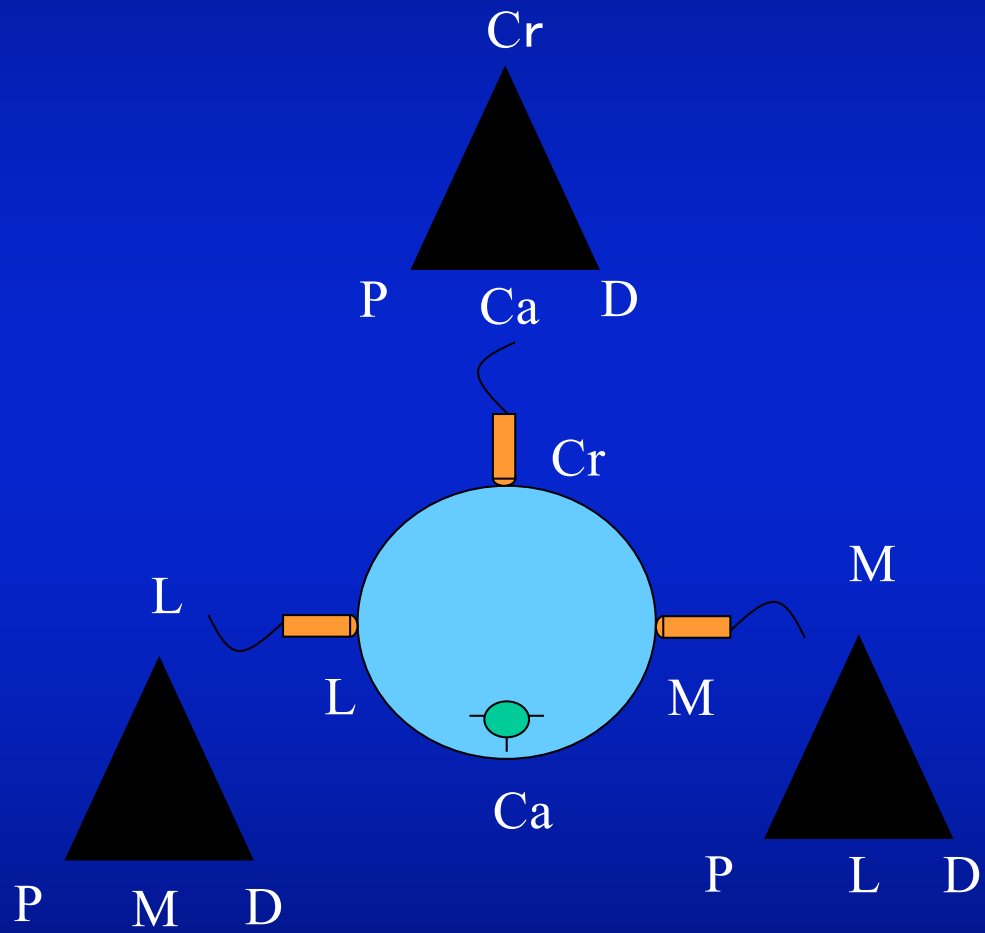








縦断像における画像表示



横断像における画像表示

