

# Biofizika és orvostechnika alapjai

---


## Ultrahang diagnosztika

1

1. Egy kevés fizika
2. Az ultrahang élettani hatásai
3. Egyszerű kísérletek fejben
4. Az ultrahang létrehozása
5. A mód
6. B mód
7. M mód
8. A kép jellemzői
9. Doppler effektus
10. CW doppler
11. PW doppler
12. Color doppler
13. Power doppler
14. Tissue doppler
15. Biopszia
16. 3D-4D

2

## Mi az ultrahang?



- Longitudinális hullám
- 20kHz-100 MHz frekvenciájú **mechanikai rezgés**
- Orvosi gyakorlatban: 2-25MHz

3

## Az ultrahang, mint fizikai jelenség

- Hullámhossz: frekvencia v. terjedési seb. (felbontás)
- Intenzitás (biológiai hatások)
- Gyengülés: a térben haladva (mélység)
- Visszaverődés: akusztikus impedancia (Z) (vizsgálhatóság)

4

## Akusztikus impedancia

Anyag	Terjedési sebesség m/s	Akusztikus impedancia 10 <sup>4</sup> kg/m <sup>2</sup> s
Víz	1530	1,53
Zsír	1450	1,33
Máj	1549 – 1570	1,65
Vér	1570	1,61 – 1,66
Izom	1590	1,7
Csont	2500 – 4700	4 – 7,5
Levegő	331	0,0004

5

## Hangterjedési jelenségek

- Határfelületi jelenségek
  - elhajlás
  - visszaverődés: (reflexió R) az akusztikus impedanciák eltérései miatt jelentkezik

$$R = \left[ \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} \right]^2$$

6

## Hangterjedési jelenségek



- Csatorlóanyag alkalmazása: gél vagy zselé
- A hanghullámok be és kijutásának könnyítésére

7

## Milyen hatásai vannak élő szövetre



- Abszorpció – elnyelődés okozatai
  - Hőhatás
  - Mechanikai hatások
  - Kémiai katalizáló hatás
- 25 mW/cm<sup>2</sup> alatt: diagnosztika (nincs elváltozás)
- 2 W/cm<sup>2</sup> felett: irreverzibilis hatások – terápiás cél (kőzúzás, melegítés, mikromasszázs, porlasztás, keverés, mosogatás)

8

## Káros hatások

- Az ALARA elv:  $\Delta$ s Low  $\Delta$ s Reasonably Achievable
- Állítható vizsgálati teljesítmény
- Mechanikai Index
- Termikus Index
- Kritikus területek: szülészet, szemészet

9

## Rosszul vizsgálható struktúrák



- Légtartalmú
- Csonttal fedett
- Kővel fedett

E képletekről olyan nagy a visszaverődés, hogy nem jut le alá a vizsgáló hullám, így nem lesz információ sem.

10

## Hogyan hozzuk létre az ultrahangot?



- Piezokristályok (kerámiák), különleges anyagok:
  - villamos feszültség változására alakváltozás, váltakozó villamos feszültségre rezgés (**érzékeny az ütődésre**)
  - finom nyomásra villamos feszültség mérhető, megrezgetésre, váltakozó villamos feszültség (**100 Volt körüli impulzusok: sérült transducer áramütésveszélyes**)

11

1. Egy kevés fizika
2. Az ultrahang élettani hatásai
3. Egyszerű kísérletek fejben
4. Az ultrahang létrehozása
5. A mód
6. B mód
7. M mód
8. A kép jellemzői
9. Doppler effektus
10. CW doppler
11. PW doppler
12. Color doppler
13. Power doppler
14. Tissue doppler
15. Biopszia
16. 3D-4D

12

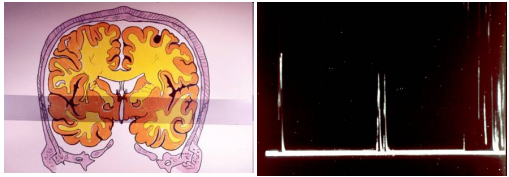
### Az „A” mód (Amplitúdó)

- „A”-módú megjelenítés: a visszaverődött UH jel nagyságával arányos amplitúdójú kijelzett jel.

Távolság vizsgálat egy akusztikai vonal mentén

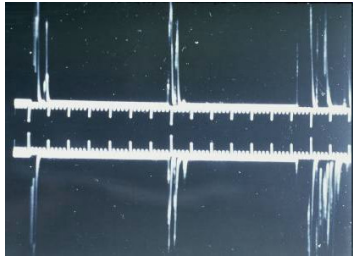
13

### „A” mód



14

### „A” mód



15

### „A” mód



Pachymeter: szaruhártyavastagság mérő

16

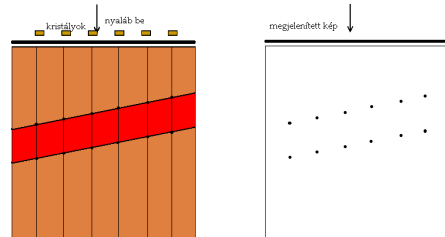
### A „B” mód (Brighness – fényesség)

- „B”-módú megjelenítés: visszaverődött jellel arányos fényesség.

Metszet vizsgálat akusztikai vonalakkal pásztázott sík mentén

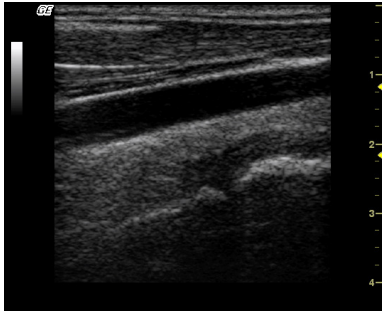
17

### Soknyalábos képalkotás



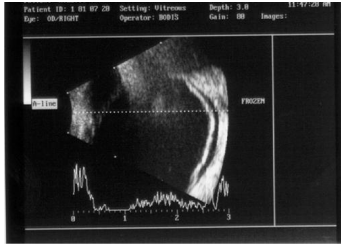
18

### Soknyalábos képalkotás



19

### Soknyalábos képalkotás



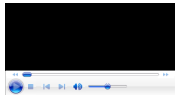
B mód →

A mód →

20

### Soknyalábos képalkotás

- film UH2D.avi
- Megfigyelési szempont:
  - metszeti kép
  - azonos akusztikai tulajdonságú szervek összemosódnak



21

### Ultrahang készülékek




22

### Ultrahang fej típusok







lineáris    konvex    tastúrégi    phazed    endoszkópos

23

### A „nyolcadik utas” lefülése



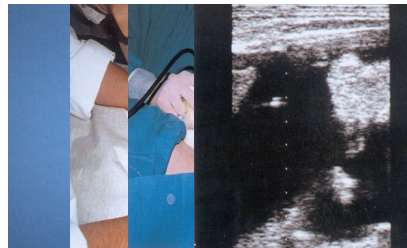
24

### Ultrahang vezérelt biopszia

- A szövetminta-vevő biopsziás tű útját ultrahangkép segítségével követjük és korrigáljuk folyamatosan

25

### Ultrahang vezérelt biopszia

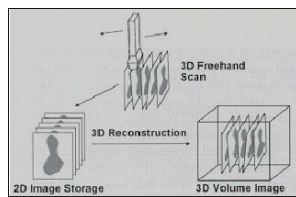


26

### 3D és 4D képalkotás

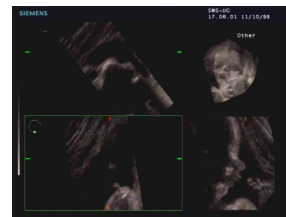


- Free hand-es és automatikus 3D mód



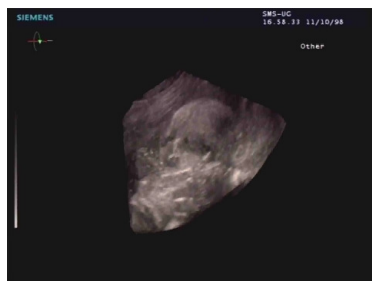
27

### 3D és 4D képalkotás



28

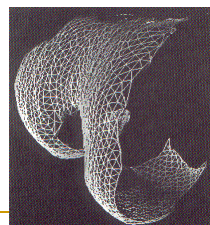
### 3D és 4D képalkotás



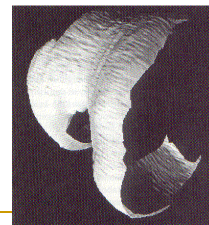
29

### 3D és 4D képalkotás

Felület képzés




Virtuális árnyékolás



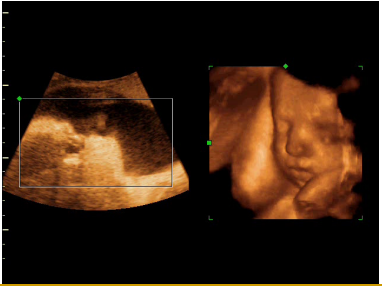
30

### 3D és 4D képalkotás



31


### 3D és 4D képalkotás



32

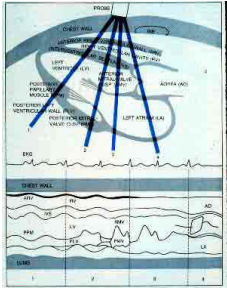
### 3D és 4D képalkotás

- film: UH4D.avi
- Megfigyelési szempont:
  - milyen sebességű mozgások láthatók?
  - milyenek a színek?
  - miért lukas a kobak?



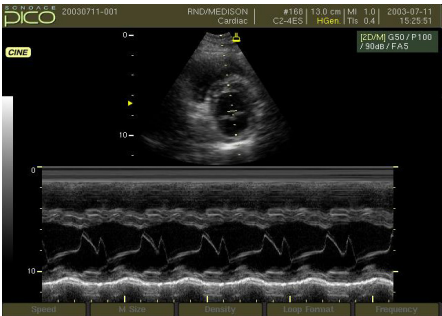
33

### Az M, vagy TM Mód (Motion, Time Motion)



34

### M mód



35

1. Röviden az ultrahangról
2. Egyszerű kísérletek fejben
3. A mód
4. B mód
5. M mód
6. A kép jellemzői
7. Doppler effektus
8. CW doppler
9. PW doppler
10. Color doppler
11. Power doppler
12. Tissue doppler
13. Biopszia
14. 3D-4D

36

### A képek jellemzői

- Axiális felbontás
- Laterális felbontás
- Frame rate

37

### Az axiális felbontás (frekvenciafüggő)

38

### Az axiális felbontás

Axiális felbontás: impulzus hossz függő

freq.	Elvi felbontás	mélység
1 MHz	1,5 mm	400 mm
3 MHz	0,5 mm	200 mm
5 MHz	0,3 mm	100 mm
10 MHz	0,15 mm	30 mm

(átlagos emberi légyszövetekben)

39

### A laterális felbontás: egyenes nyalábszélességgel (nyalábsűrűségfüggő)

40

### A laterális felbontás: nyalábszélesség valóságban

(3,5 MHz, 7 szeletes fókuszlálás)  
A nyalábszélességnél kisebb részletek eltűnnek.

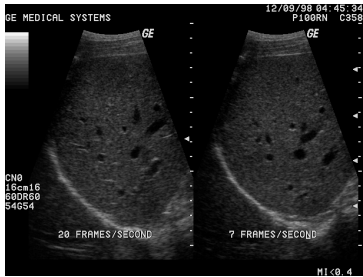
41

### A laterális felbontás: nyalábszélesség valóságban

(3,5 MHz, 7 szeletes fókuszlálás, egy fix fókuszra: SCANNER 700)

42

Frame rate – mozgó struktúrák ábrázolása



43

Doppler effektus

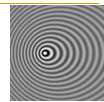
44

Miért halljuk a közeledő motor hangját magasabbnak, mint a távolodót?

Doppler effektus

45

Doppler effektus



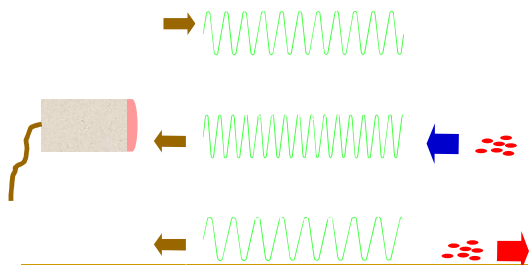
- Doppler frekvencia eltolódás:

$$f_{dop} = \frac{2f_0 * v * \cos \alpha}{c}$$

$$v = c * \frac{\pm \Delta f}{2f_0 * \cos \alpha}$$

46

Doppler mód az ultrahang diagnosztikában



47

Doppler módok

- CW: folyamatos hullámú Doppler
- PW: pulzusos hullámú Doppler
- Spektrum doppler
- Color Doppler
- Power Doppler
- Tissue Doppler

48



## Folyamatos doppler (CW)

- A kijelölt irányba **folyamatosan** sugározzunk és fogadjuk a visszaverődött hanghullámokat

Minden mozgást érzékel, ami a nyíláb tengelyében van.



49

## Pulzusos doppler (PW)

- Csak egy **rövid ideig** bocsát ki hanghullámot, aztán figyel a visszaverődött jelekre.

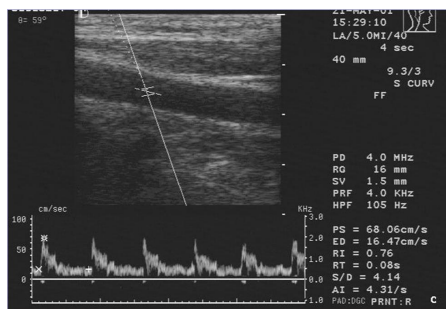
- Kapu elhelyezése – adott mélységre

Csak az akusztikai vonal mentén a kijelölt mélységi tartományból érkező sebességeket figyeli.



50

## Pulzus doppler



51

## Doppler megjelenítés

- **Doppler eltolódás = sebesség megjelenítése**

- hangként
- spektrumként
- értékként
- színeként



52

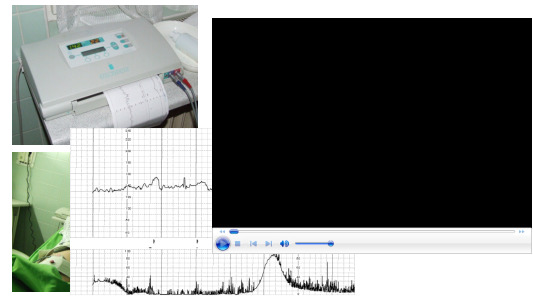
## Doppler megjelenítés

- **Doppler eltolódás = sebesség megjelenítése**

- hangként: érdoppler, CTG, kardiológia
- spektrumként
- értékként
- színeként

53

## Doppler megjelenítés



54

### Doppler megjelenítés

55

### Spektrum doppler

56

### Spektrum doppler

Az áramló vér sebessége a kijelölt mélységi tartományban nem mindenütt állandó, hanem vannak gyorsabb és lassabb vérrészecskék, tehát egy sebesség tartományban, spektrumban vannak. A spektrum jellege pillanatról pillanatra változik.

57

### Color Doppler

- Az áramló vér **sebességével** arányos doppler frekvenciaeltolódást színekként jelenítjük meg a B módusú képen.

Érzékelőhöz közelítő mozgás **KÉK**,  
 távolodó mozgás **PIROS**

A sötétebb árnyalat lassúbb,  
 világosabb árnyalat gyorsabb,

58

### B kép a veséről

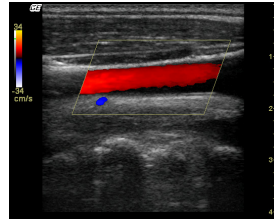
59

### ...ugyanaz color dopplerrel

60

## Color Doppler

- Film: UH 2D carotis color
- Megfigyelési szempont:  
- miért változik a szín?



61

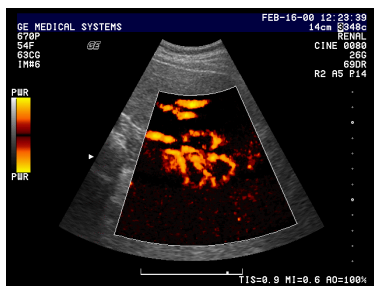
## Power doppler

- Az doppler frekvenciaeltolódás amplitúdó értékét (ami az áramló vér **térfogatával**, mennyiségével arányos) színekként jelenítjük meg a képen.



62

## ...az előbbi power dopplerrel



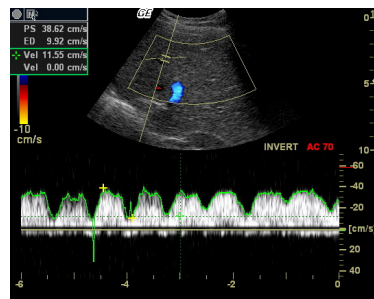
63

## Duplex és Triplex mód

- Duplex  
az élő B kép  
+ egy élő doppler mód van
- Triplex:  
az élő B kép  
+ élő CW vagy PW spektrumdoppler  
+ élő Color vagy Power doppler

64

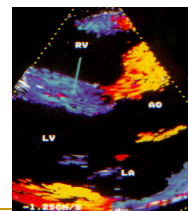
## Duplex és triplex mód és az autokalkuláció



65

## Tissue Doppler

- Nem a vér, hanem a szövetek mozgását jelenítjük meg színekké



66

1. Egy kevés fizika
2. Az ultrahang élettani hatásai
3. Egyszerű kísérletek fejben
4. Az ultrahang létrehozása
5. A mód
6. B mód
7. M mód
8. A kép jellemzői
9. Doppler effektus
10. CW doppler
11. PW doppler
12. Color doppler
13. Power doppler
14. Tissue doppler
15. Biopszia
16. 3D-4D

67

### Mit kell még tudnia egy korszerű ultrahang készüléknek

- Páciensfelvétel-páciensadatbázis
- Ultrahang vizsgálat
- A vizsgálati anyagok tárolása
- ...nyomtatása
- ...visszanézése
- ...utófeldolgozása (post-processing)
- ...kontrollra érkezett páciensek
- Kommunikáció a kórházi adatbázissal (DICOM)

68

### Kötelező időszakos felülvizsgálat

- 4/2009. (III. 17.) EüM rendelet 17. § és 13. melléklet szerint.
- Ultrahang diagnosztikai berendezések időszakos felülvizsgálata **3 évenként**.
- Kizárólag kijelölt szervezet vagy feljogosított szervezet végezheti. Engedélyező az Orvostechnikai Igazgatóság.
- Felülvizsgálat követelményei:
  - <http://www.eekh.hu>

69