

Ultrahang és elektromos impulzusok alkalmazása

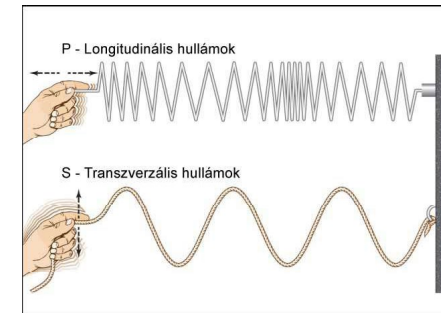
Dr. Voszka István

SE ÁOK Biofizikai és Sugárbiológiai Intézet

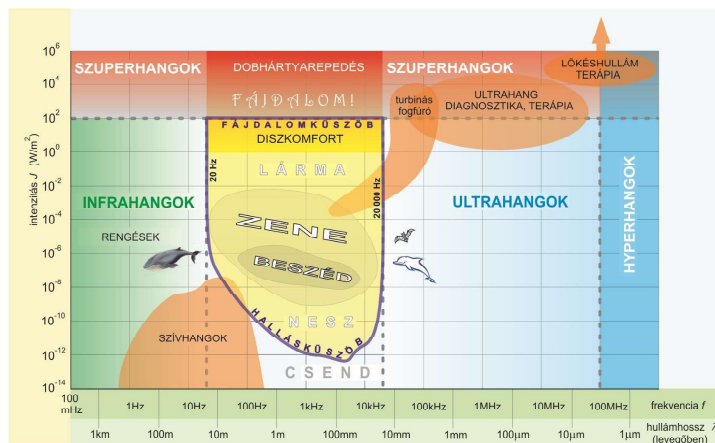


Ultrahang: 20 kHz-nél magasabb frekvenciájú mechanikai hullám.

A mechanikai hullámok (hang, ultrahang) terjedéséhez közegre van szükség.

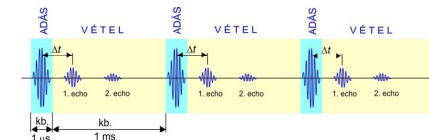
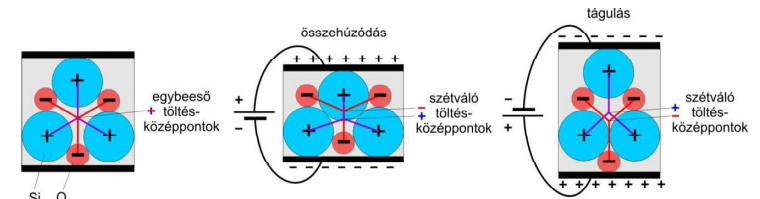


Mechanikai hullámok tartományai frekvencia és intenzitás alapján



Előállítható piezoelektromos kristályal

- Direkt piezoelektromos hatás: mechanikai behatásra töltésszétválás. – **ultrahang detektálása**
- Inverz piezoelektromos hatás: váltófeszültség hatására a kristály mechanikai rezgésbe jön. – **ultrahang előállítás**



Orvosi felhasználás:

- Diagnosztika: $f = 1 - 10$ MHz, természetben 20 MHz, $J \sim \text{mW/cm}^2$



- Terápia: $f = 0,8 - 1,2$ MHz, $J \sim \text{W/cm}^2$



Az ultrahang reflexiója

anyag	ρ [kg/m ³]	κ [1/GPa]	c [m/s]	Z [kg/(m ² ·s)]
levegő	1,3	7650	331	0,00043·10 ⁶
tüdő	400	5,92	650	0,26·10 ⁶
zsír	925	0,51	1470	1,42·10 ⁶
lágyszövet	1060	0,40	1540	1,63·10 ⁶
szemlencse	1140	0,34	1620	1,84·10 ⁶
csontvelő	970	0,36	1700	1,65·10 ⁶
csont, porózus	1380	0,08	3000	2,2 - 2,9·10 ⁶
csont, tömör	1700	0,05	3600	6,12·10 ⁶

Ha $R \approx 1$ → teljes visszaverődés

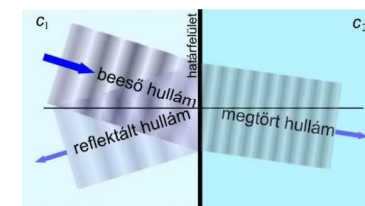
határfelület	R
izom/vér	0,0009
zsír/máj	0,006
zsír/izom	0,01
csont/izom	0,41
csont/zsír	0,48
lágyszövet/levegő	0,99

A diagnosztikai alkalmazás alapja az ultrahang visszaverődése a közegethatárokról

$$R = \frac{J_{\text{vissza}}}{J_{\text{be}}}$$

$$R = \left(\frac{\rho_1 c_1 - \rho_2 c_2}{\rho_1 c_1 + \rho_2 c_2} \right)^2$$

$\rho c = Z$ (akusztikus impedancia)

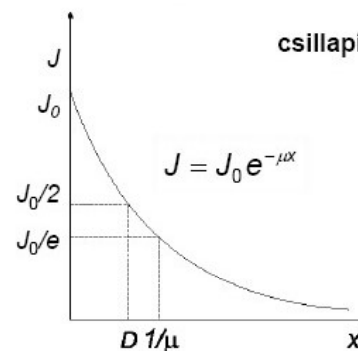


Szilárd/gáz vagy folyadék/gáz határán teljes visszaverődés (emiat kell csatolóközeget (pl. kontakt gélt) alkalmazni)



Fontos tényező az ultrahang abszorpciója is

Intenzitásgyengülés terjedés közben (abszorpció)



csillapítás: $\alpha = 10 \cdot \lg \frac{J_0}{J}$ dB

$\alpha = 10 \cdot \mu \cdot x \cdot \lg e$ dB

μ a diagnosztikai frekvencia tartományban arányos a frekvenciával

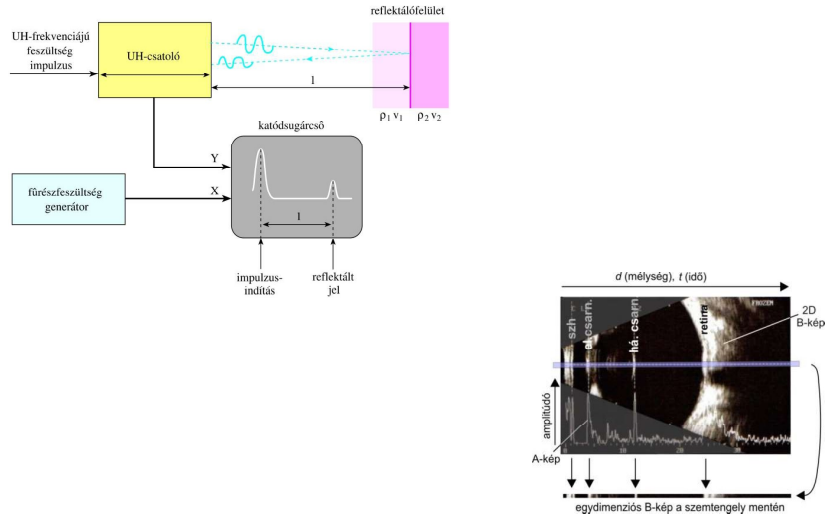
$$J = J_0 e^{-\mu x}$$

fajlagos csillapítás: $\frac{\alpha}{f \cdot x}$

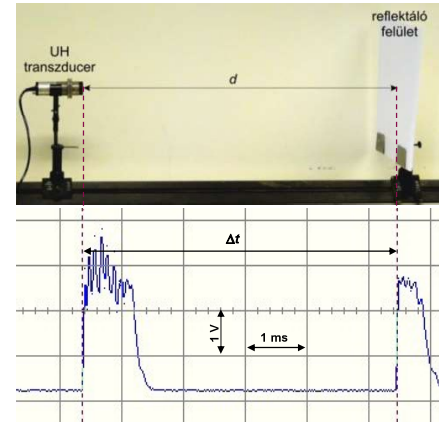
Nagyobb frekvencia: - jobb felbontás
- kisebb áthatolóképesség

A-kép (amplitúdó kép, analóg kép)

- távolságmérés (főleg szemészetben alkalmazzák)



Az impulzus-echo elv



Δt idő alatt az UH impulzus $2d$ utat tesz meg, tehát a d távolság:

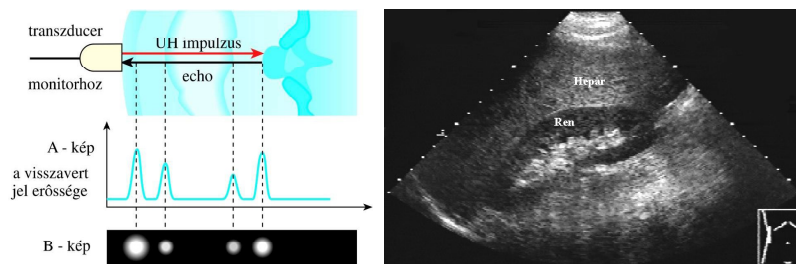
$$d = \frac{c \cdot \Delta t}{2}$$

Közeg	Hangsebesség, c (m/s)
Levegő (25 °C)	346
Víz (20 °C)	1482
Lágy szövet	1540

Speciális transzducer alkalmazásával az ultrahang egy része kijut a levegőbe.

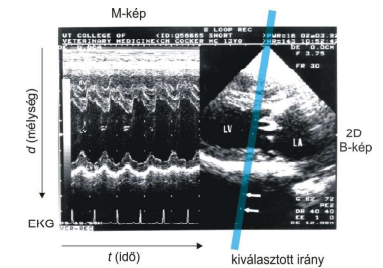
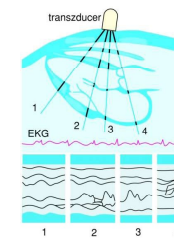
B-kép (brightness = fényesség)

- a képpont fényessége a reflexió mértékétől függ



M-kép (motion) – TM-kép (time motion)

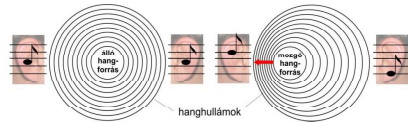
- a reflektáló felület helyzete időben változik (echocardiographia)
egydimenziós B-kép időbeli változása



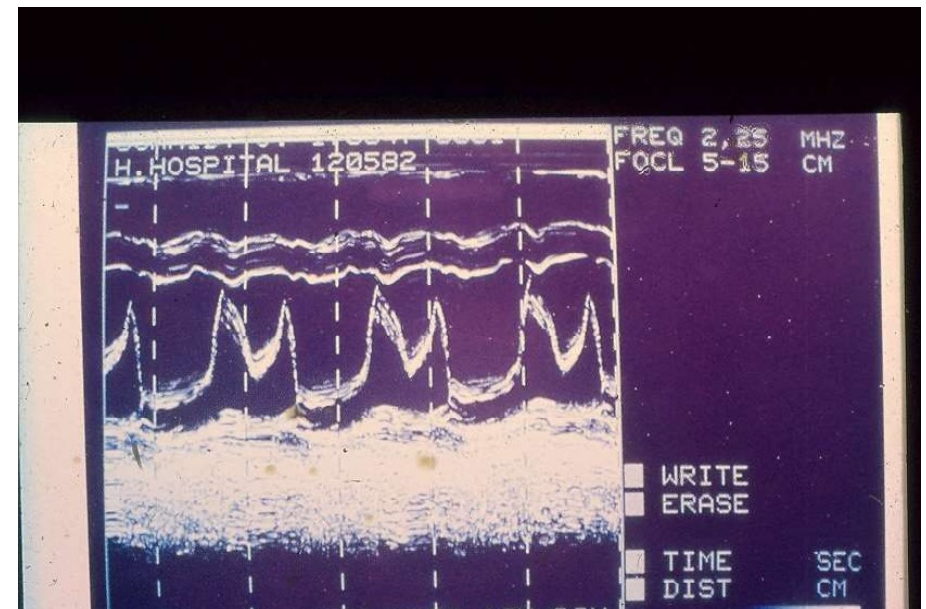
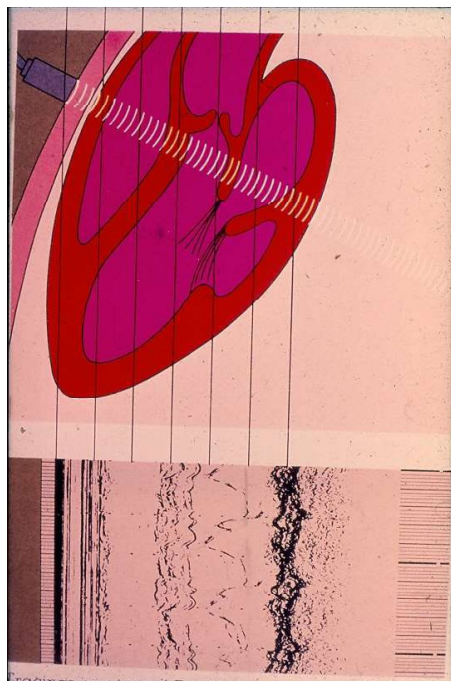
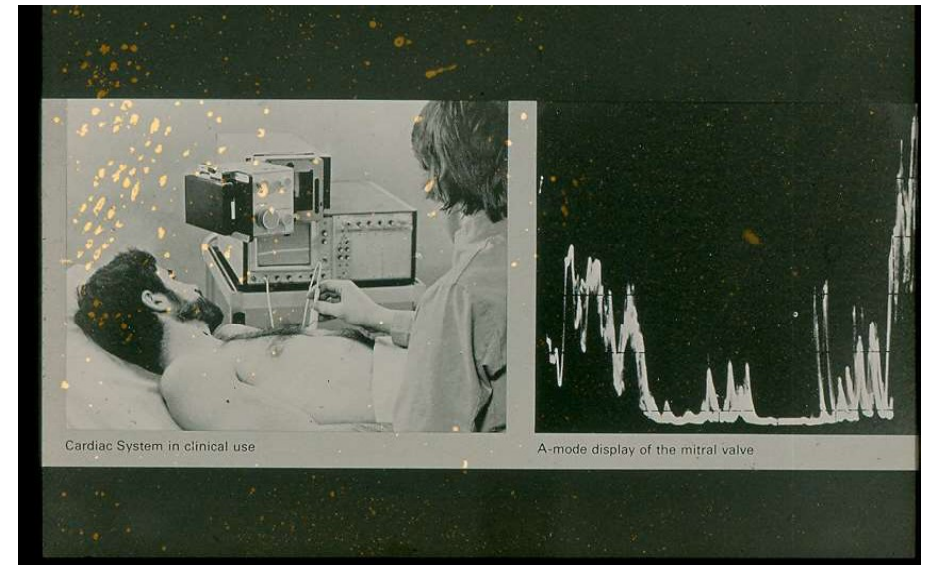
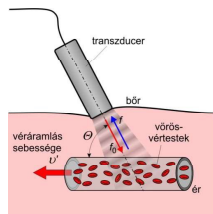
Mozgás vizsgálata a Doppler-elv alapján

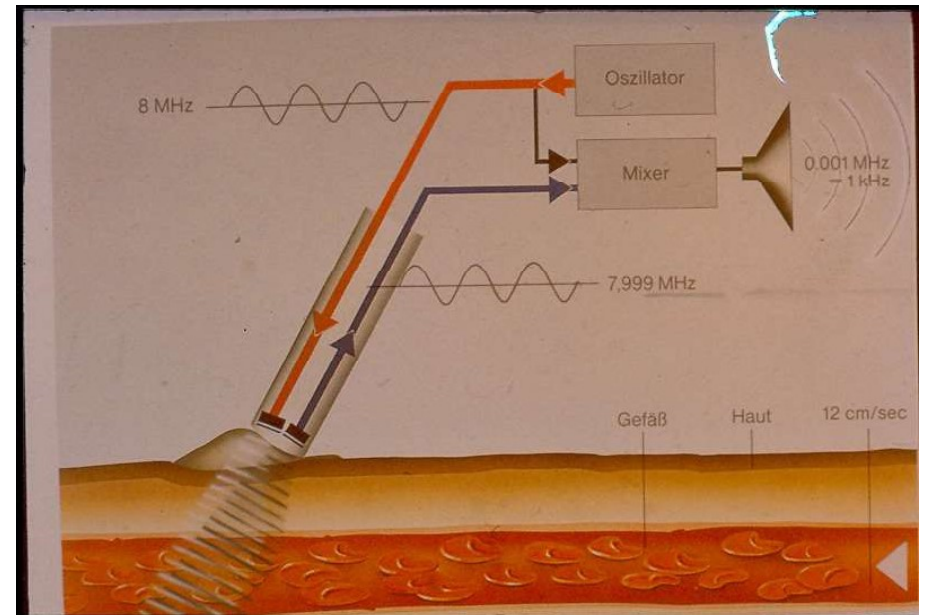
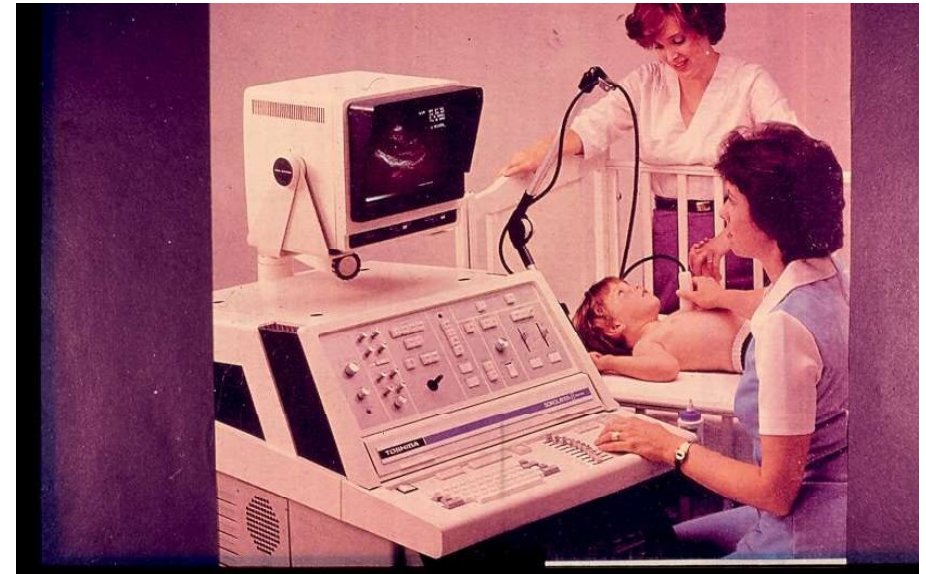
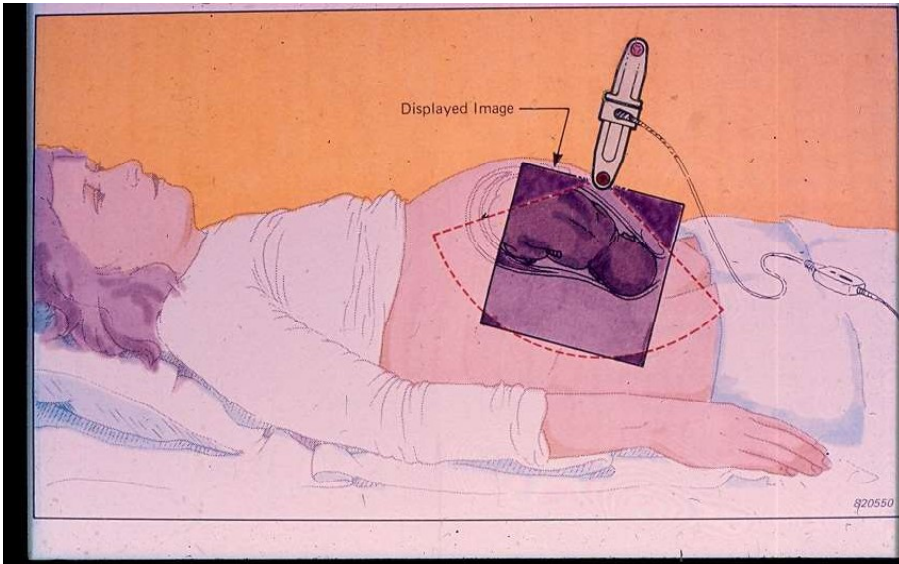
- Mozgó forrás által kibocsátott, illetve mozgó felületről visszavert hang (ultrahang) frekvenciája megváltozik

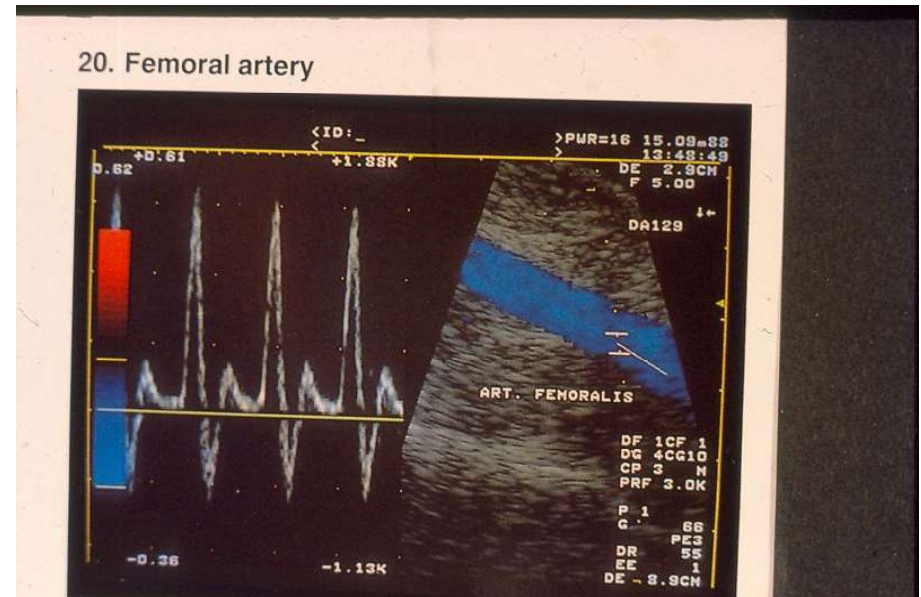
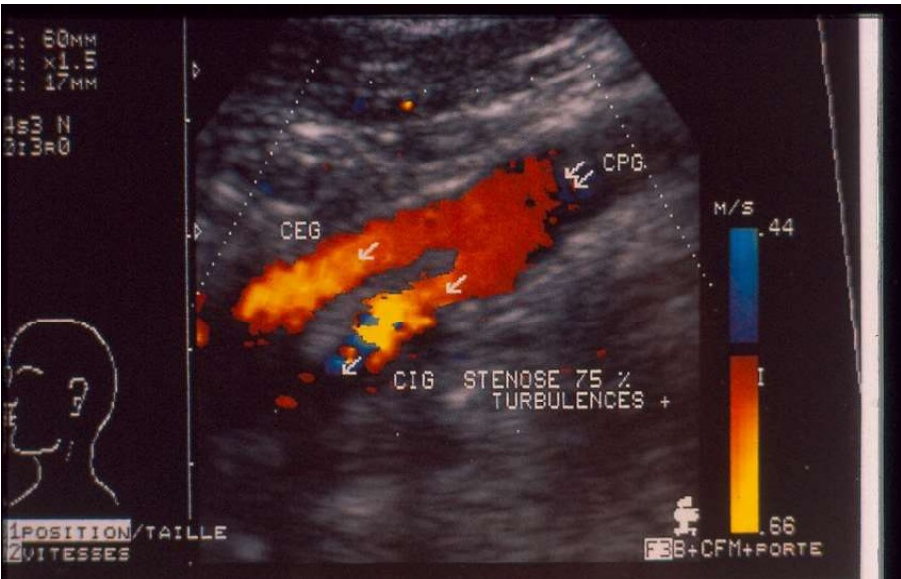
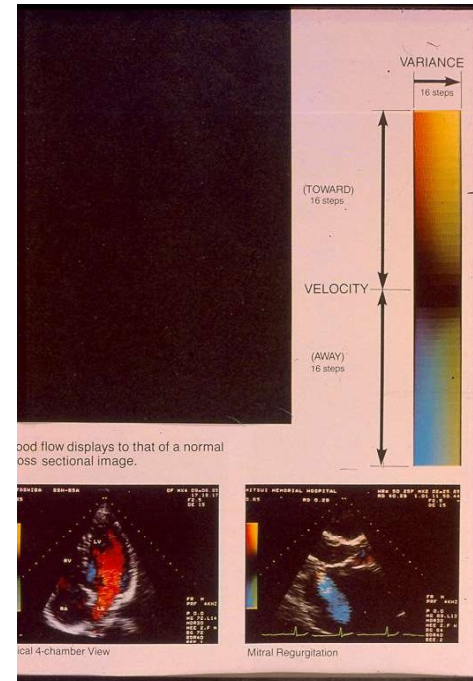
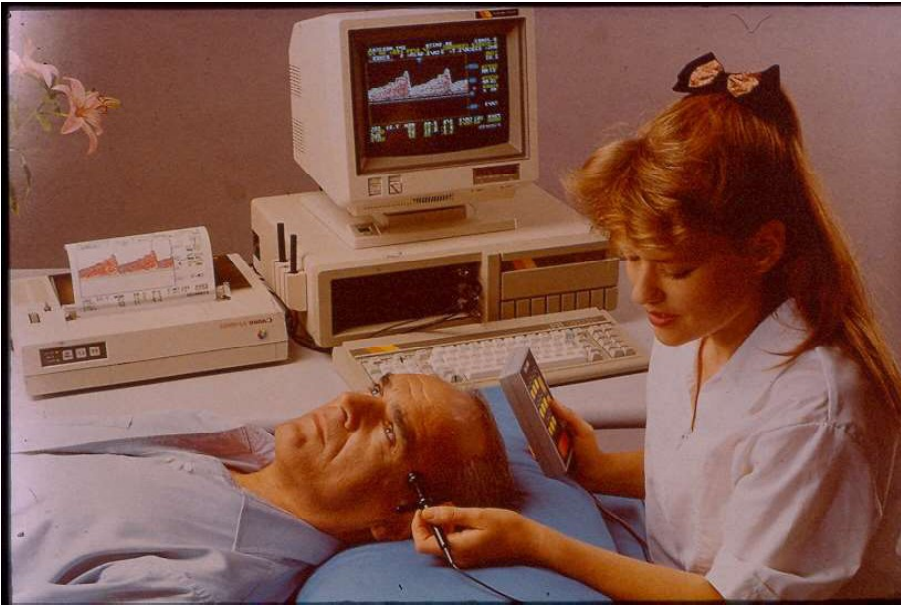
$$f = f_0 \left(1 \pm \frac{2v}{c} \right)$$



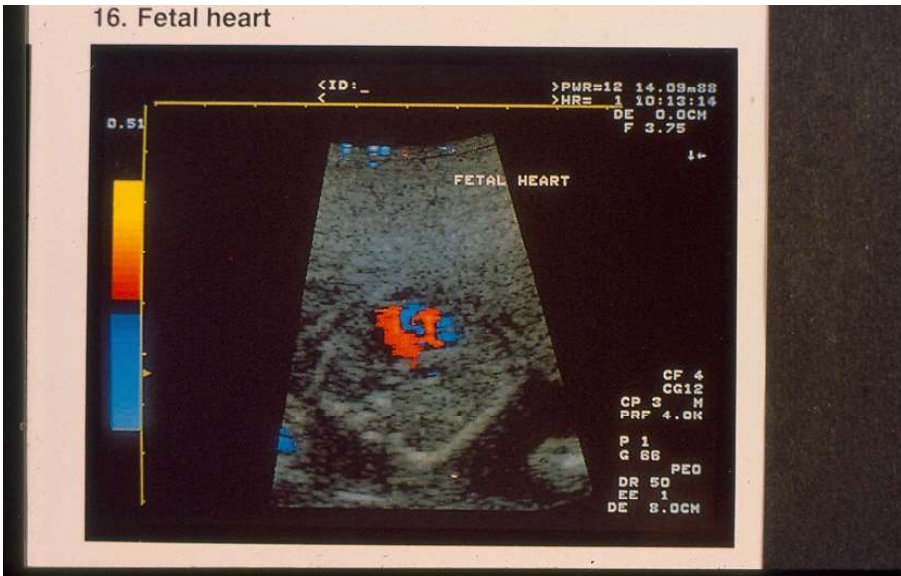
Az eredeti és a visszavert frekvencia különbsége a hallható hang tartományába esik – hangszóróra, vagy fejhallgatóra kapcsolható (érvizsgálat illetve magzati szívmozgás vizsgálata).







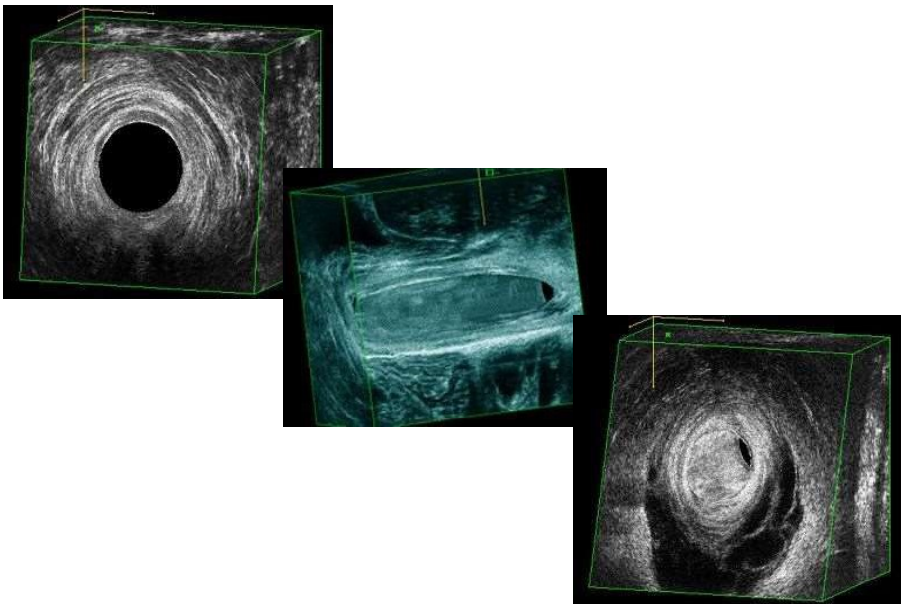
16. Fetal heart



Endoszonográfia



3D endoszonográfia



Szonoelasztográfia

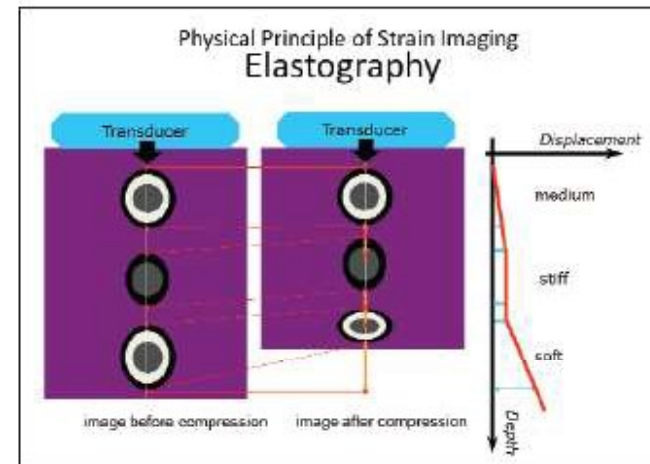
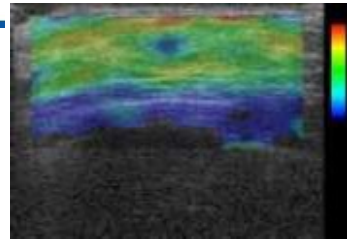
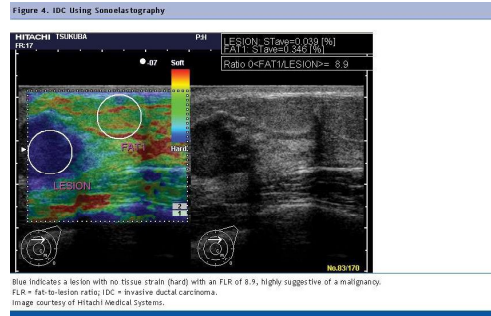
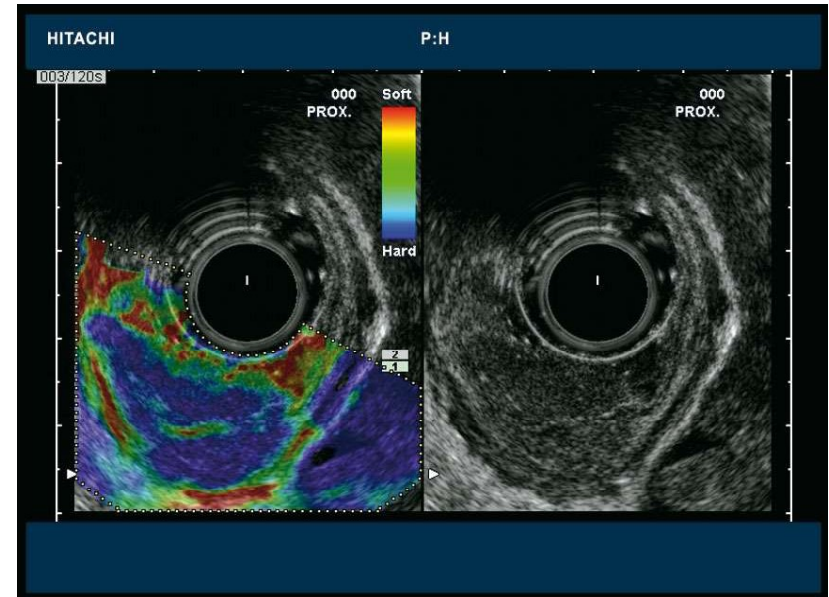


FIGURE 1. Displacement due to compression varies according to tissue stiffness. Displacement in soft tissue is high, whereas stiff tissue shows no or very little displacement.

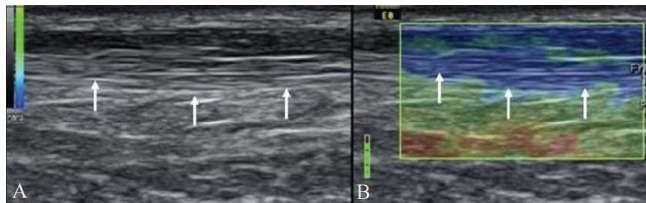
Szonoelasztográfia (emlő)



Szonoelasztográfia (rectum tumor)

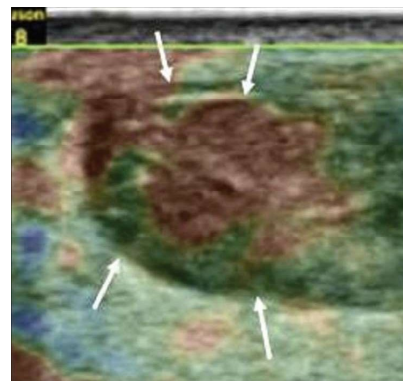


Szonoelasztográfia (Achilles-ín)

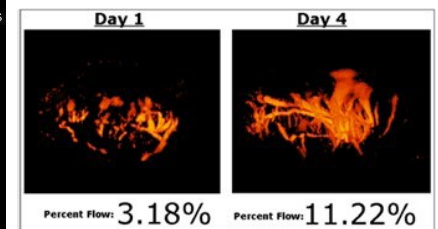
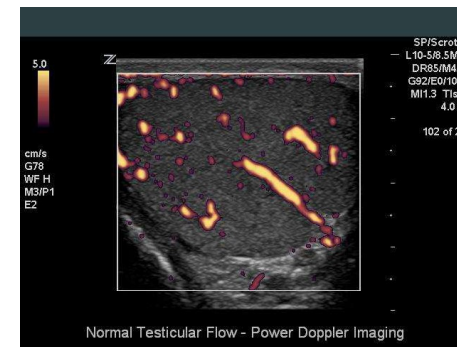


normál

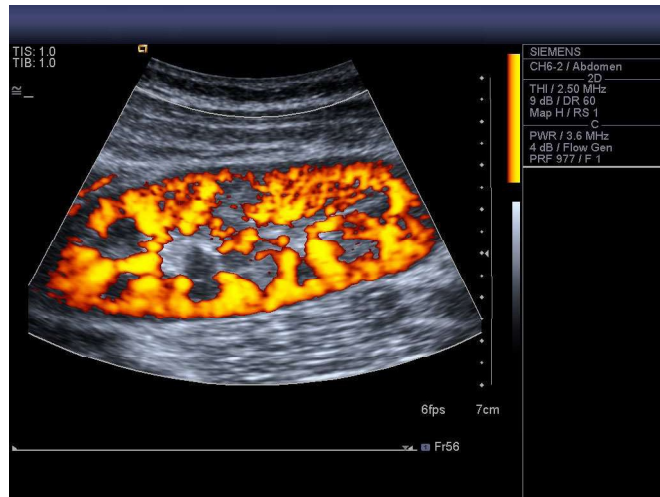
tendinitis



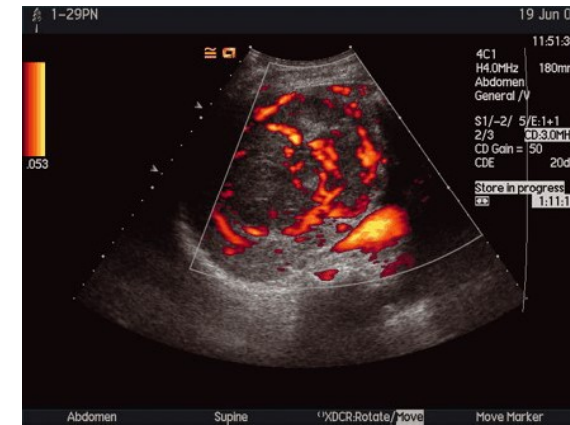
Power Doppler Imaging (PDI)



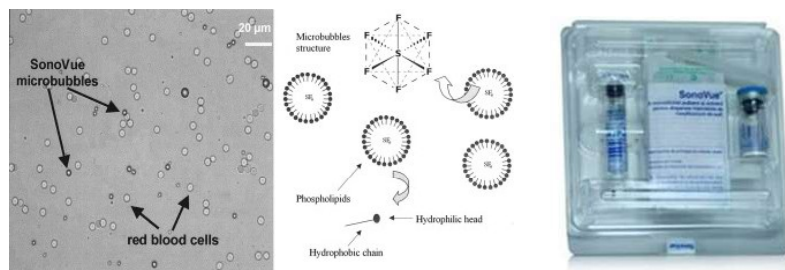
Power Doppler Imaging (PDI - vese)



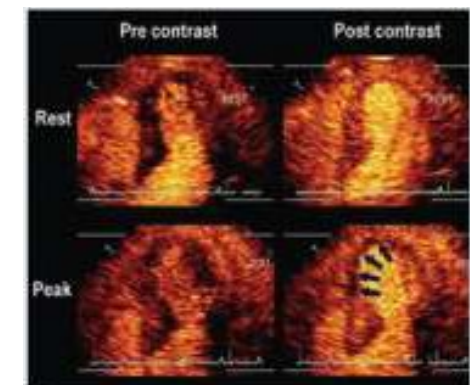
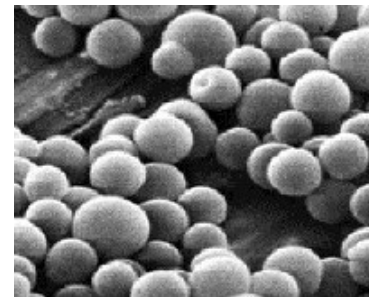
Power Doppler Imaging (PDI – hepatocellularis cc.)

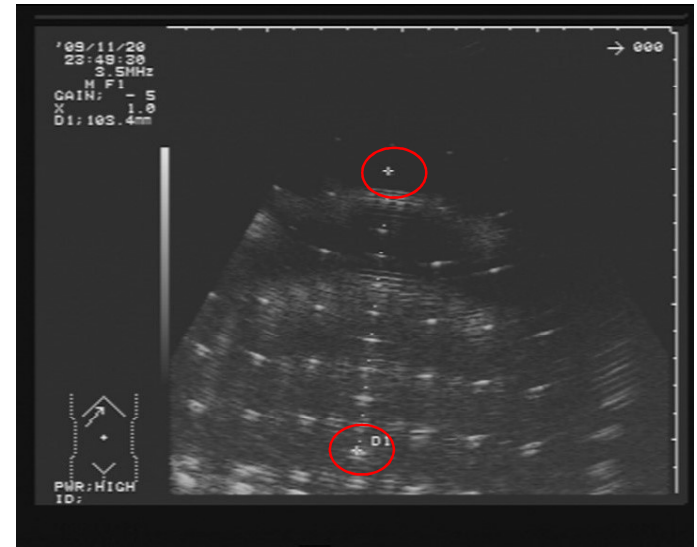
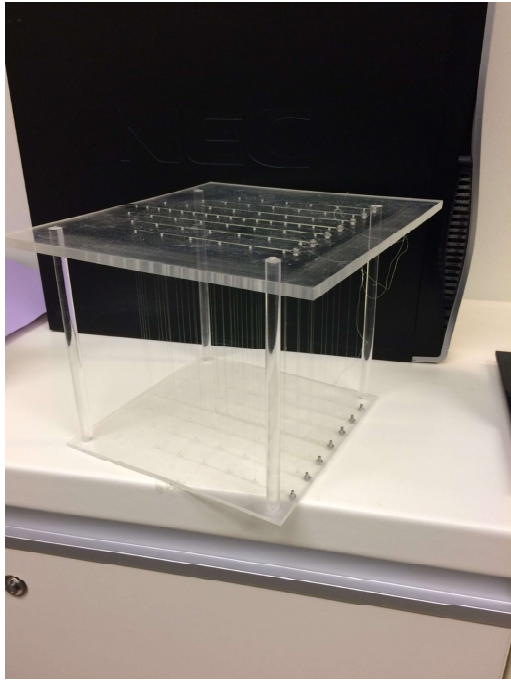


Ultrahang kontrasztanyagok

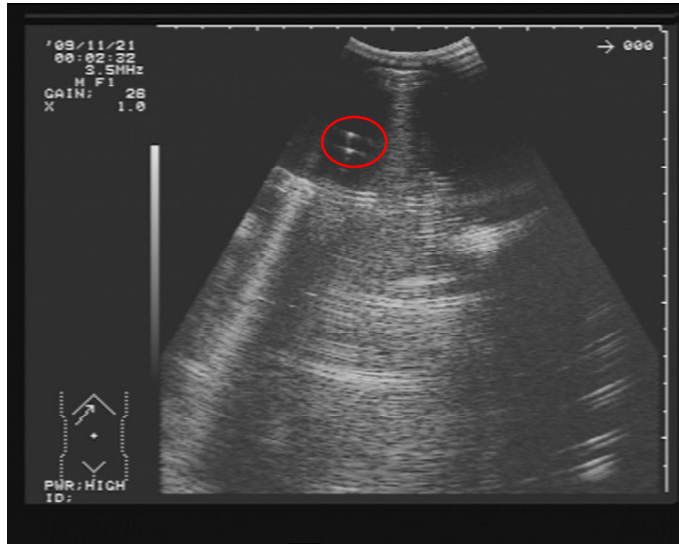


Ultrahang kontrasztanyagok

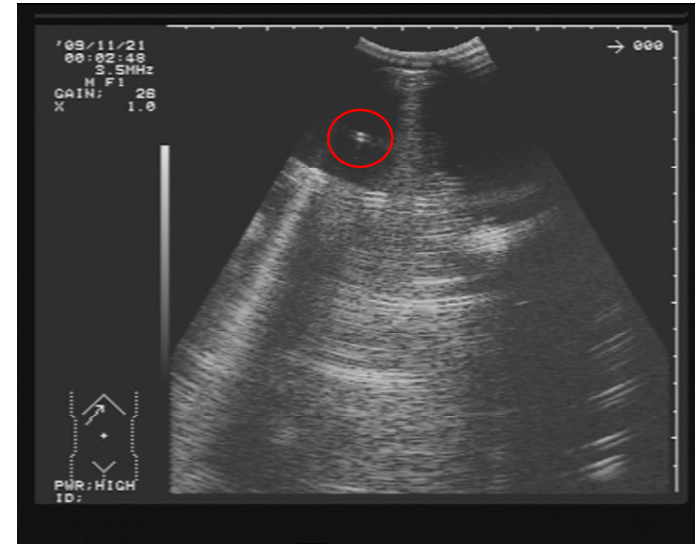




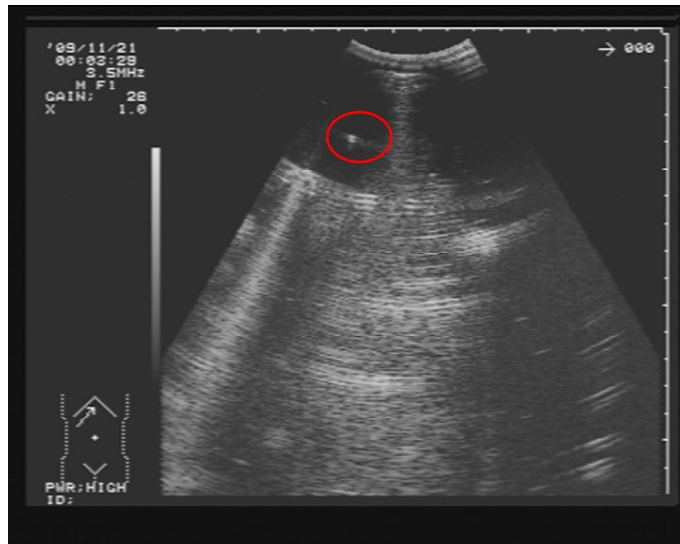
3,5 MHz



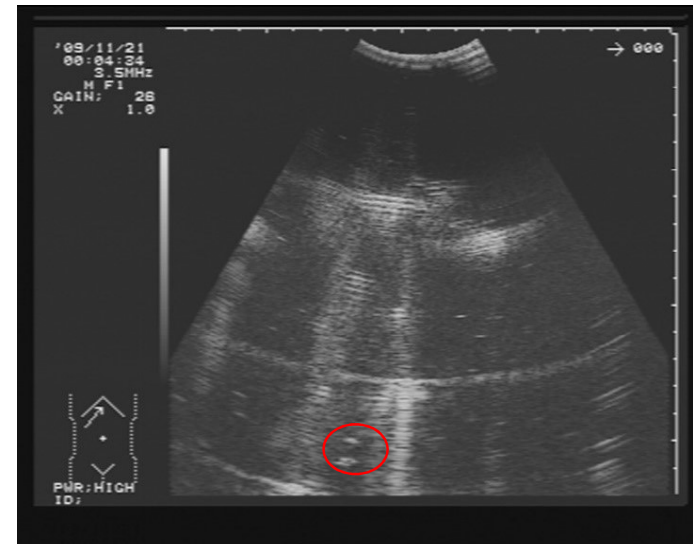
3,5 MHz



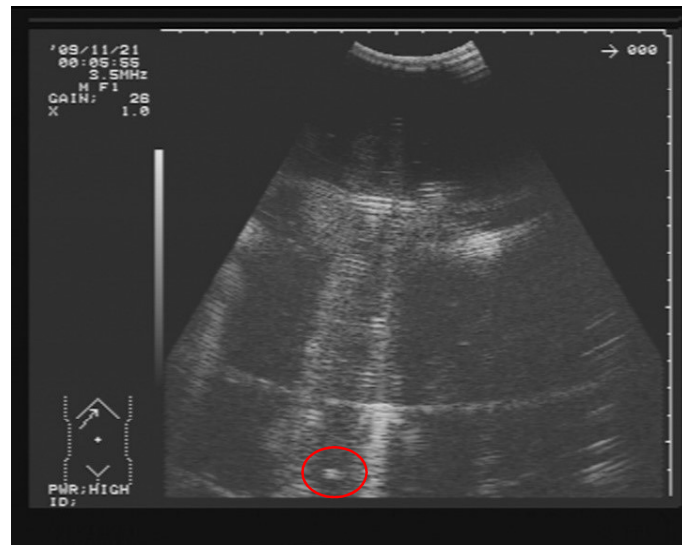
3,5 MHz
0,43 mm



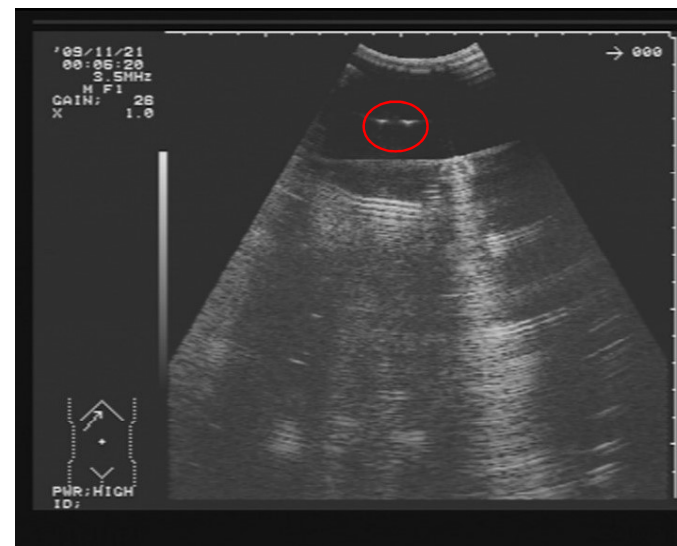
3,5 MHz



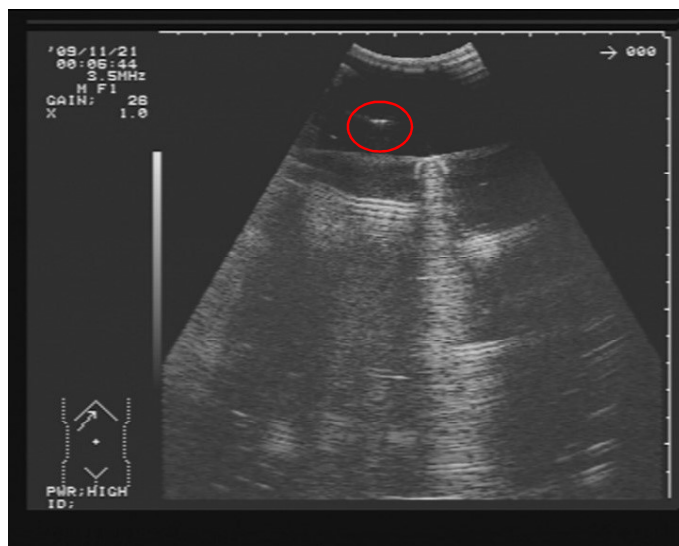
3,5 MHz
0,51 mm



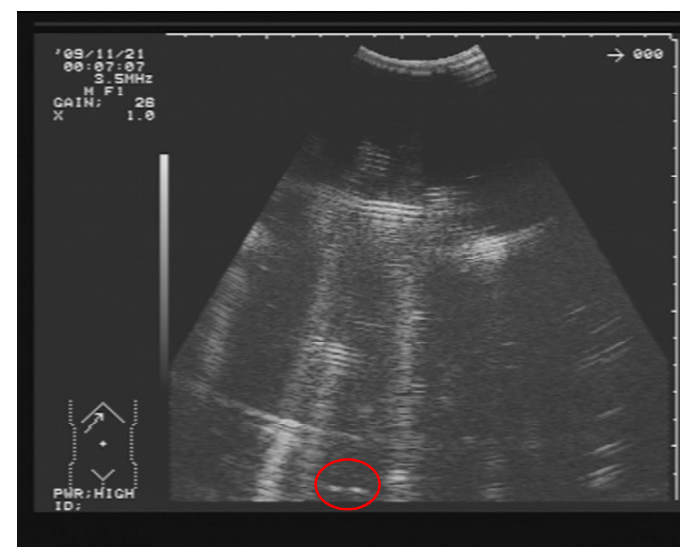
3,5 MHz



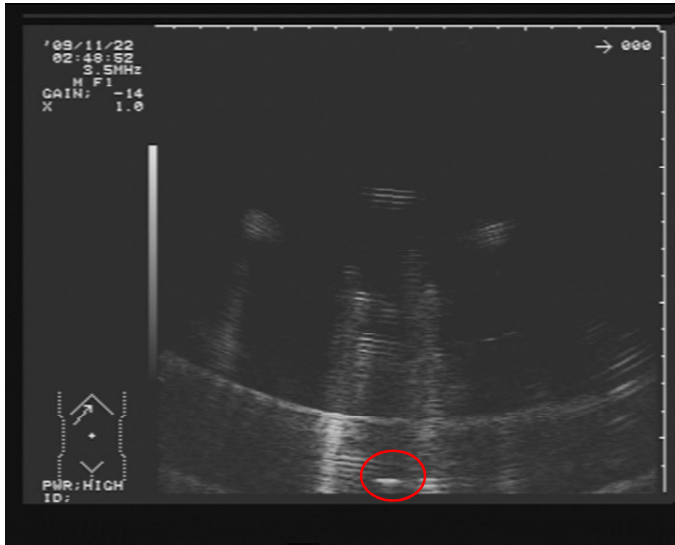
3,5 MHz
0,99 mm



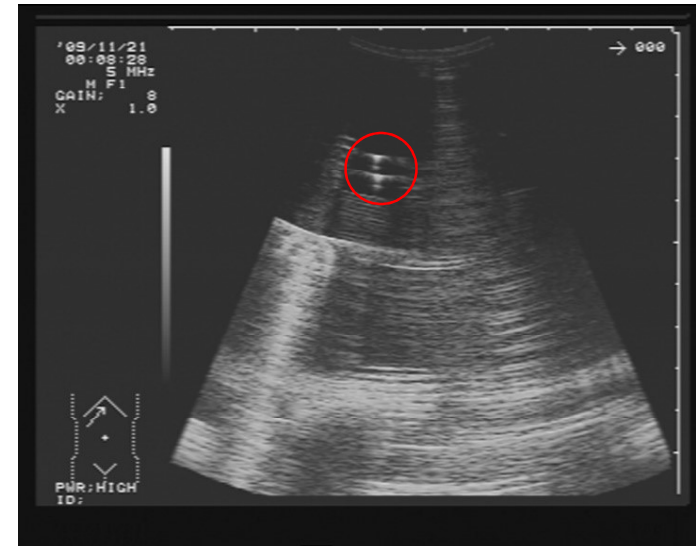
3,5 MHz



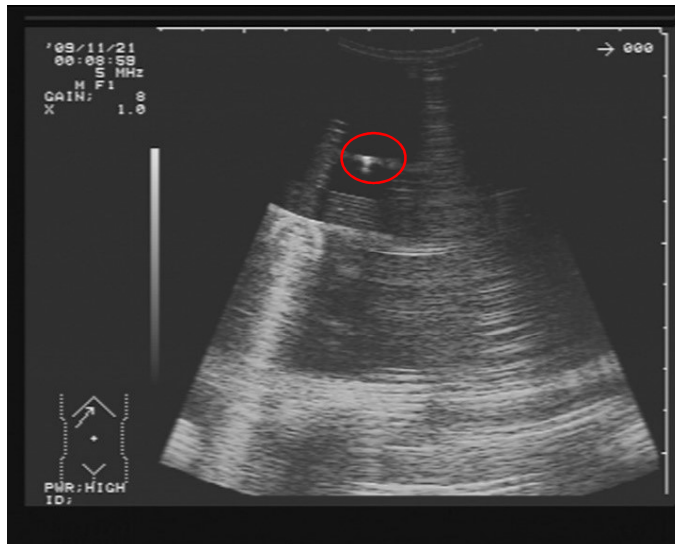
3,5 MHz
1,79 mm



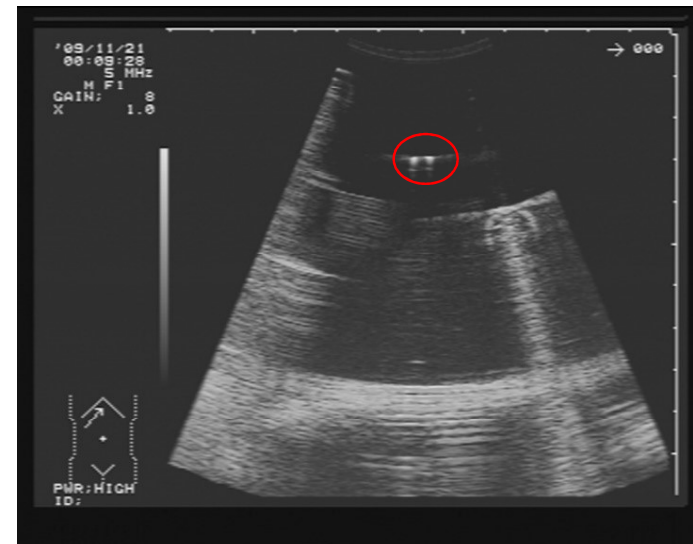
5 MHz



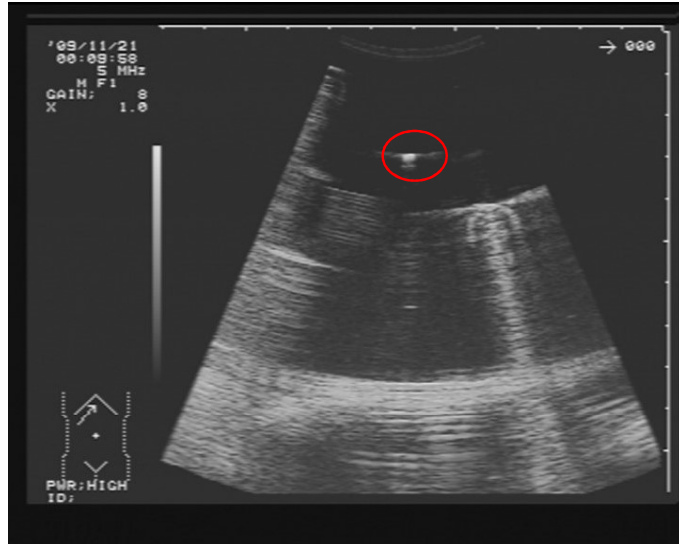
5 MHz
0,23 mm



5 MHz

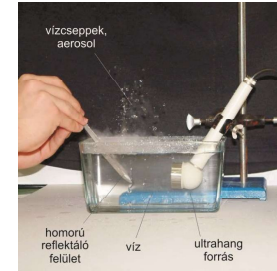


5 MHz
0,41 mm



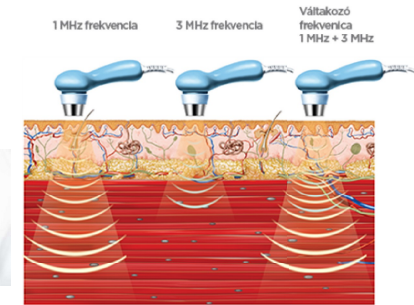
Ultrahang terápia (f = 0,8 – 1,2 MHz, jellemzően 0,8 MHz)

- Az ultrahang hőhatását illetve az ún. mikromasszázs hatást használja ki – pl. ízületi kopások kezelése.
- A nagy intenzitás miatt akár ionizáció is bekövetkezhet.



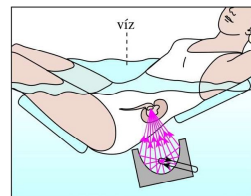
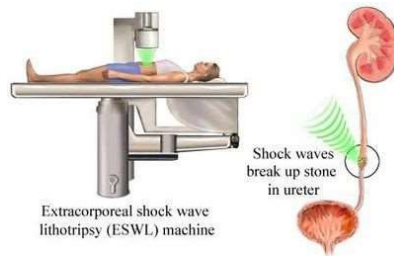
Izomlazító, fájdalomcsillapító és értágító hatás.

Kis dózis a sejtnyagcserét fokozza, közepes és nagy dózis gátolja.



Lökéshullám terápia (kőzúzás)

Extrakorporális lökéshullám (ESWL) kőzúzó berendezés



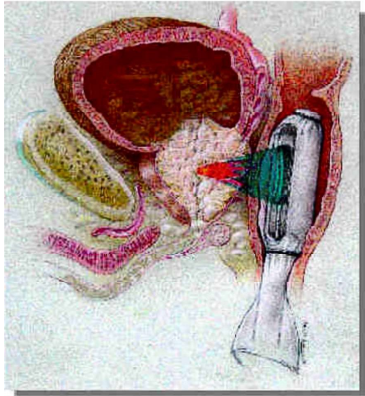
Nagy intenzitású, fókuszált lökéshullám hatására a vese-vagy epekő szétzúszhat

Fogkőeltávolítás ultrahanggal



HIFU (high intensity focused ultrasound)

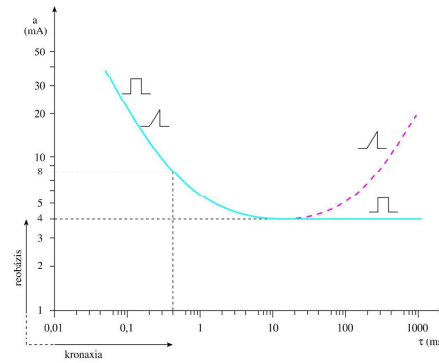
- prosztatatarák kezelése ultrahanggal



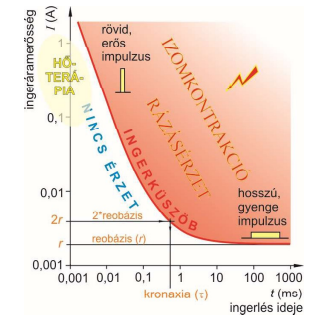
- arcfiatalítás



Elektromos áram hatásai (ingerkarakterisztika görbe)



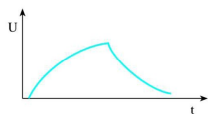
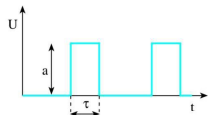
- Különbség a háromszög- és négyszög-impulzusok hatása között (csak egészséges izmok esetében) – **károsodott izmok szelektív kezelése.**
 - Rövid impulzusidők (nagy frekvenciák esetén) igen magas a küszöb – nincs ingerhatás, csak hőhatás – **nagyfrekvenciás hőterápia.** ($f > 100 \text{ kHz}$)



Elektromos impulzusok előállíthatók egyenként illetve impulzussorozat formájában.

- egyetlen impulzus jellemzői:

- impulzusidő (τ)
- amplitúdó (a)



Egy-egy impulzus felhasználható:

- szívizom ingerlésére (defibrillátor)
- vázizmok ingerlésére (ideg-, illetve izomkárosodás esetén) – szelektíven is, pl. exponenciális impulzusokkal



Impulzus sorozat

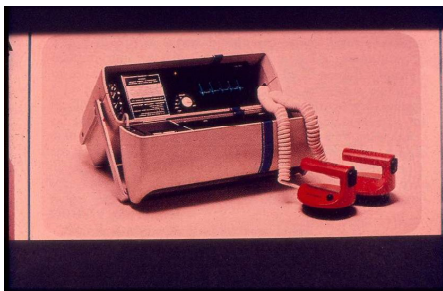
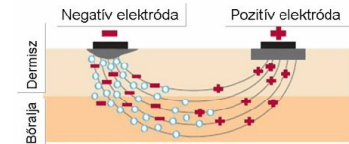
- további jellemzők az impulzusidőn és az amplitúdón kívül
 - periódusidő (T) impulzusidő + két impulzus közti szünet időtartama
 - frekvencia (f) a periódusidő reciproka
 - kitöltési tényező (τ/T)
- felhasználása
 - szívizom ingerlésére (pacemaker)
 - vázizmok ingerlésére (ideg-, illetve izomkárosodás esetén) – TENS (transcutan electro neuro stimulator fájdalomcsillapításra is alkalmas)

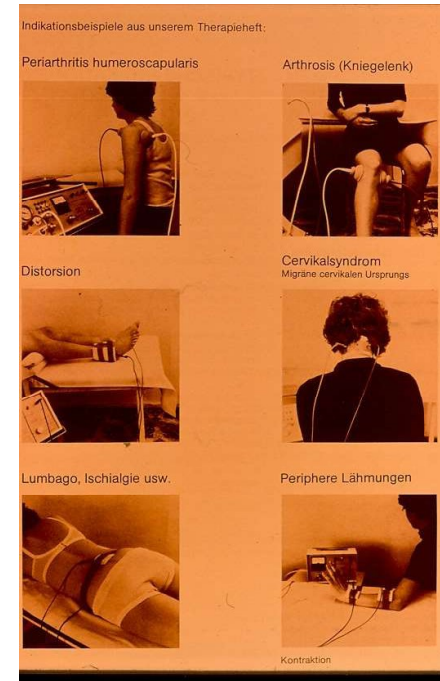
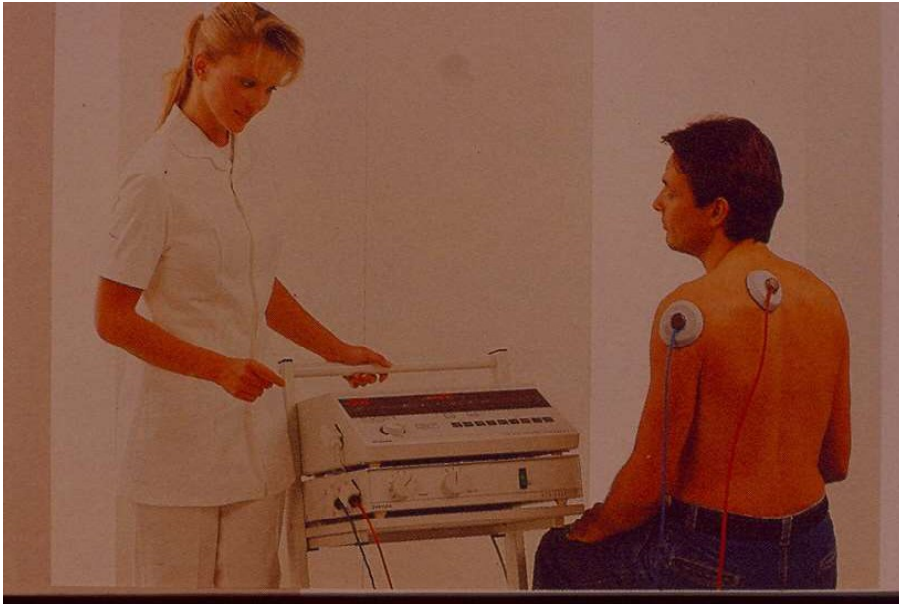


Galvánkezelés: állandó egyenáram alkalmazása

- hatásai:
 - fájdalomcsillapító
 - sejtanyagcsere-fokozó
 - értágító
 - fokozza a motoros idegek ingerlékenységét

Iontoforézis: ionos gyógyszerek juttathatók be a két elektród között elhelyezkedő szervbe egyenáram segítségével. (fájdalomcsillapítók, gyulladáscsökkentők, értágítók, szövet-puhítók)

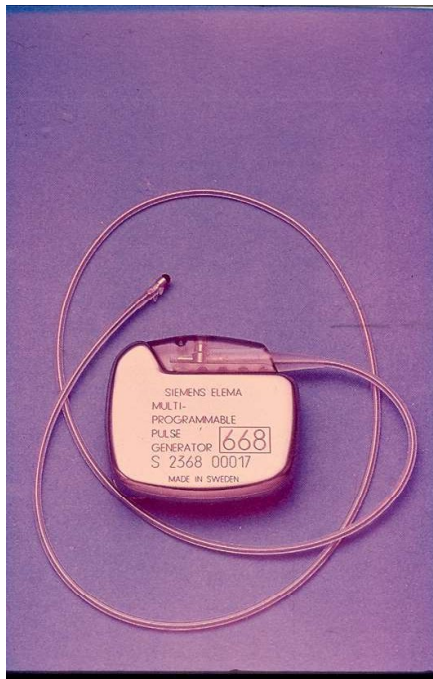
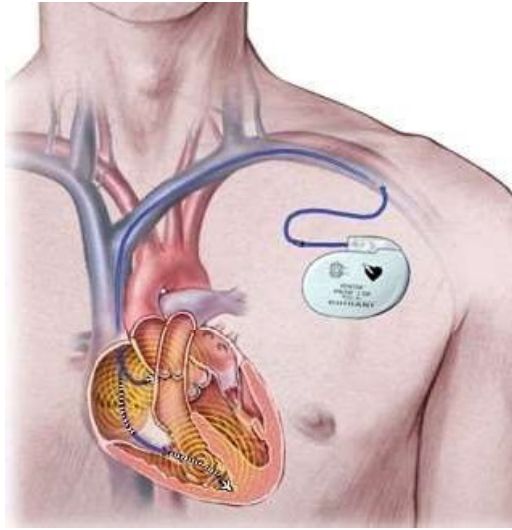




Interferenciaáram kezelés:

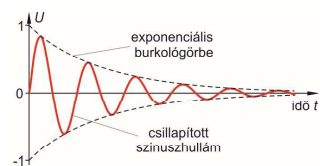
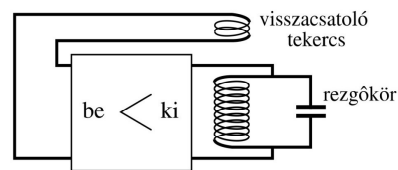
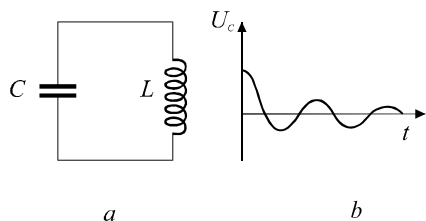
- Mindkét elektródpáron néhány 1000 Hz-es áramot alkalmaznak. A két frekvencia különbsége kicsi (kb. 100 Hz). Az elektródpárok megfelelő elhelyezésével a különbségi frekvencia a kívánt területen (pl. károsodott izom) jelenik meg.





Nagyfrekvenciás hőterápia

Nagyfrekvenciás szinuszrezgések előállítása:
visszacsatolt rezgőkörrel (LC-kör)



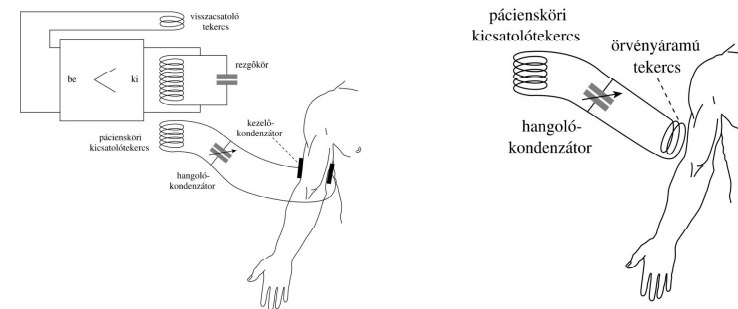
$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Az alkalmazott frekvencia-, illetve hullámhossztartományok:

- Rövidhullám ($f \sim 30 \text{ MHz} - \lambda \sim 10 \text{ m}$)
- Deciméteres hullám ($f \sim 0,5 \text{ GHz} - \lambda \sim 0,6 \text{ m}$)
- Mikrohullám ($f \sim 2,5 \text{ GHz} - \lambda \sim 12 \text{ cm}$)

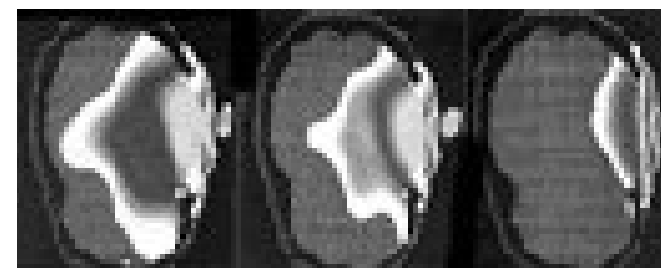
A hőfejlődés mértéke a különböző szövetekben és különböző kezelési módok esetén jelentősen eltér.
(kezelési módok: kondenzátorterés, tekercsterés, sugárterés)

Optimális energiaátvitel a rezgőkör és a pácienskör között rezonancia esetén van: az LC szorzat megegyezik a két kör esetében.



Mobiltelefon: USA-szabvány fejre: 1,6 W/kg
Német szabvány fejre: 2 W/kg
Tényleges csúcs SAR: 7,6 W/kg
Időátlagban: 0,9 W/kg

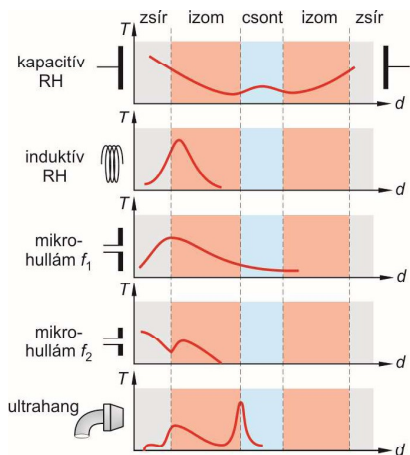
Mobiltelefon ne kerüljön 25 cm-nél közelebb a pacemakerhez.
Pacemakert zavarja: $E > 200 \text{ V/m}$ $B > 1 \text{ mT}$



5 éves

10 éves

felnőt



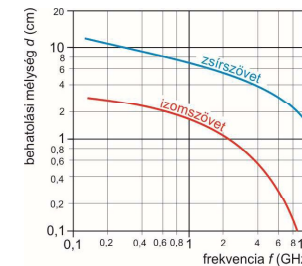
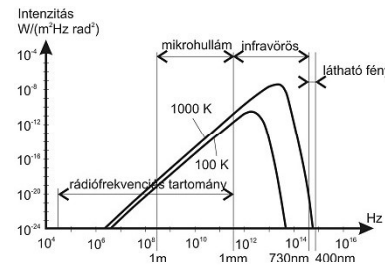
pl. kondenzátorteres módszernél:

$$Q = \frac{U^2}{R} t = \frac{U^2 A}{\rho l} t = \sigma \frac{U^2}{l^2} A l t = \sigma E^2 V t$$

frekvencia	$\sigma_{zsír}$ [mS/cm]	σ_{izom} [mS/cm]
300 MHz	2,7	9,0-9,9
1000 MHz	3,6	13,0-14,5

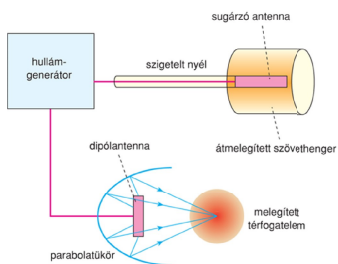
Mikrohullám orvosi alkalmazásai:

Diagnosztika: **mikrohullámú termográfia** – főleg emlőrák detektálására használható. Az intenzitás jóval kisebb, mint az infravörös tartományban, de a sugárzás behatolási mélysége lényegesen nagyobb. A mélyebben fekvő daganatok is kimutathatók.

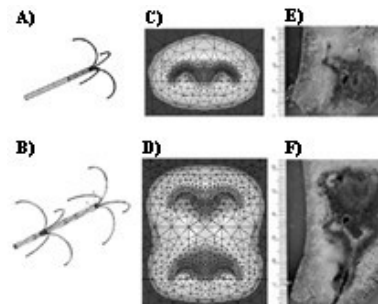


frekvencia	behatolási mélység [cm]	
	zsírszövet	izomszövet
100 MHz	30	4
10 GHz	3	0,2

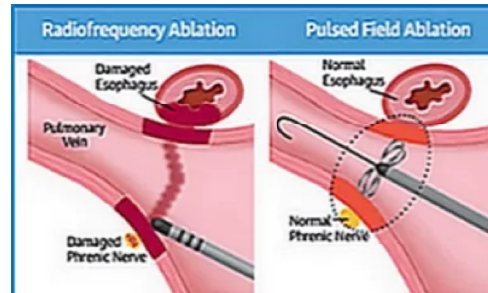
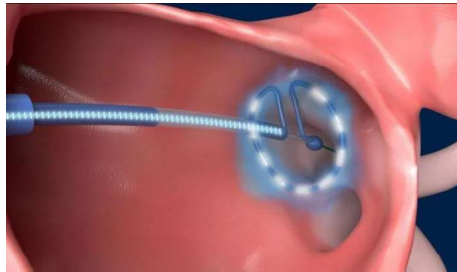
Terápia: - Hőterápia (mikrohullámú hipertermia)
 - ízületi, reumatikus betegségek
 - bőrbetegségek (ekcéma, szemölcs, pikkelysömör, érdaganat)
 - daganatkezelés – optimális: 42 – 43,5 °C tumorhőmérséklet. (A daganat elpusztul, de a környező, egészséges sejtek még nem károsodnak.) Sugár-, vagy kemoterápiával kombinálható. Optimális teljesítménysűrűség: 200 mW/cm².



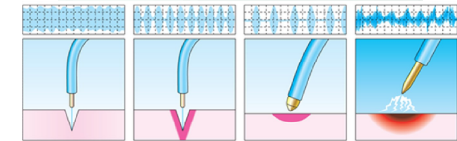
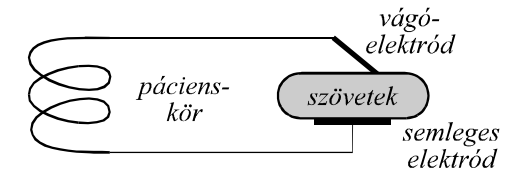
- MBA (mikrohullámú ballon angioplasztika)
 előny: - kisebb a visszaszűkülés esélye
 - érsérülések összehegesztése
 - trombózis valószínűsége kisebb
- Szívritmuszavar kezelése katéteres leválasztással (abláció) – kóros ingervezető kötegek átvágása



Pitvarfibrilláció kezelése pulzáló rádiófrekvenciás térrel



- Prostata megnagyobbodás kezelése
- Mikrohullámú sebészet – főleg az endoszkópos műtéteknél



ERBE OPHTHALMOBIPOLAR

Ophthalmobipolar

Ophthalmobipolar for bipolar „wet-field“ coagulation in ophthalmic surgery

The Ophthalmobipolar is equipped with a special socket for bipolar electrodes which is fully isolated from line and ground potentials. The RF power of the bipolar output is provided with a continuous and finely reproducible adjustment up to a maximum of 30 watts with dosage settings for the most delicate bipolar coagulations with fine coagulation forceps, as well as for bipolar endodiathermy.

The Ophthalmobipolar conforms to VDE and IEC regulations for electromedical equipment.

Technic

Power supply

Lead current in conductor

Power consump

RF power bipo

Operating freq

Protection clas

Dimensions

Weight

Guarantee

