

# Ultrahang és elektromos impulzusok alkalmazása

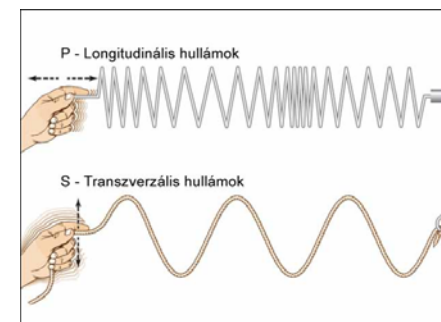
Dr. Voszka István

SE Biofizikai és Sugárbiológiai Intézet

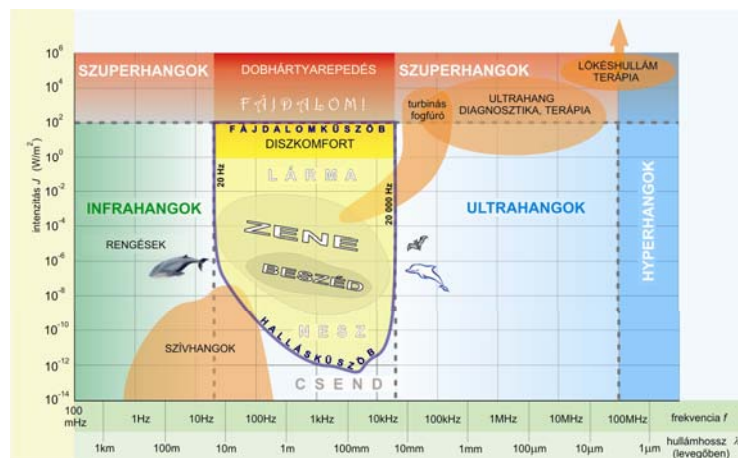


**Ultrahang:** 20 kHz-nél magasabb frekvenciájú mechanikai hullám.

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



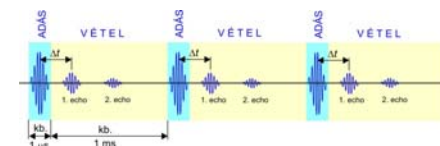
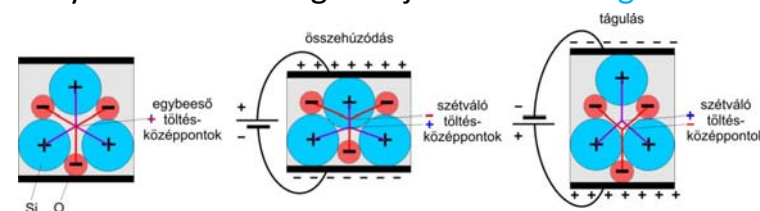
## Mechanikai hullámok tartományai frekvencia és intenzitás alapján



## Előállítható piezoelektromos kristállyal

- Direkt piezoelektromos hatás: mechanikai behatásra töltésszétválás. – **ultrahang detektálása**

- Inverz piezoelektromos hatás: váltó feszültség hatására a kristály mechanikai rezgésbe jön. – **ultrahang előállítása**



## Orvosi felhasználás:

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



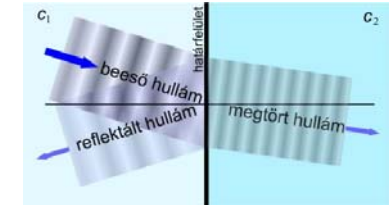
- Terápia:  $f = 0,8 - 1,2$  MHz,  $J \sim \text{W/cm}^2$



A diagnosztikai alkalmazás alapja az ultrahang visszaverődése a közegethatárokról

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

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



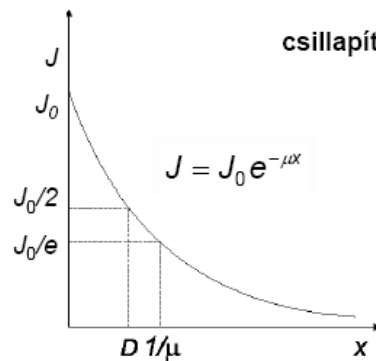
$\rho c = Z$  (akusztikus impedancia)

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

$\mu$  a diagnosztikai frekvencia tartományban arányos a frekvenciával

fajlagos csillapítás:

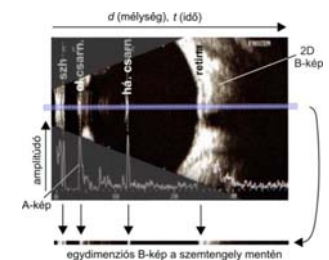
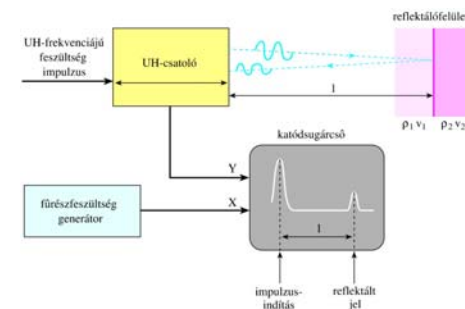
$$\frac{\alpha}{f \cdot x}$$

9

Nagyobb frekvencia: - jobb felbontás  
- kisebb áthatolóképesség

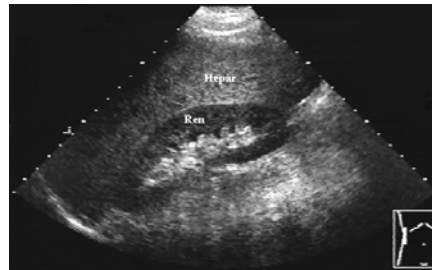
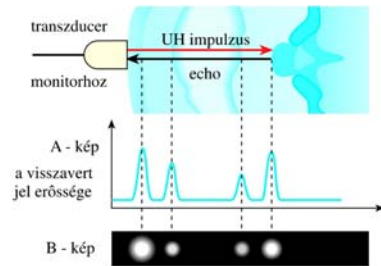
## A-kép (amplitúdó kép, analóg kép)

- távolságmérés (főleg szemészetben alkalmazzák)



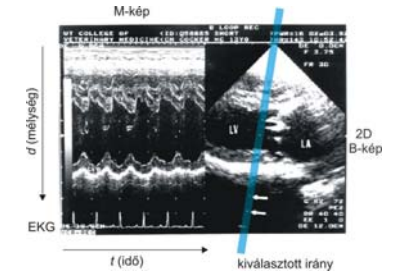
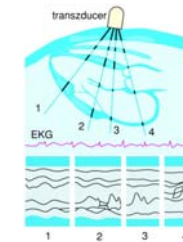
## B-kép (brightness = fényesség)

- a képpont fényessége a reflexió mértékétől függ



## M-kép (motion) – TM-kép (time motion)

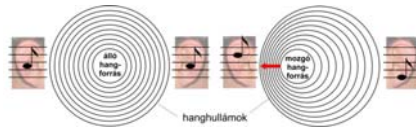
- a reflektáló felület helyzete időben változik (echocardiographia)  
egydimenziós B-kép időbeli változása



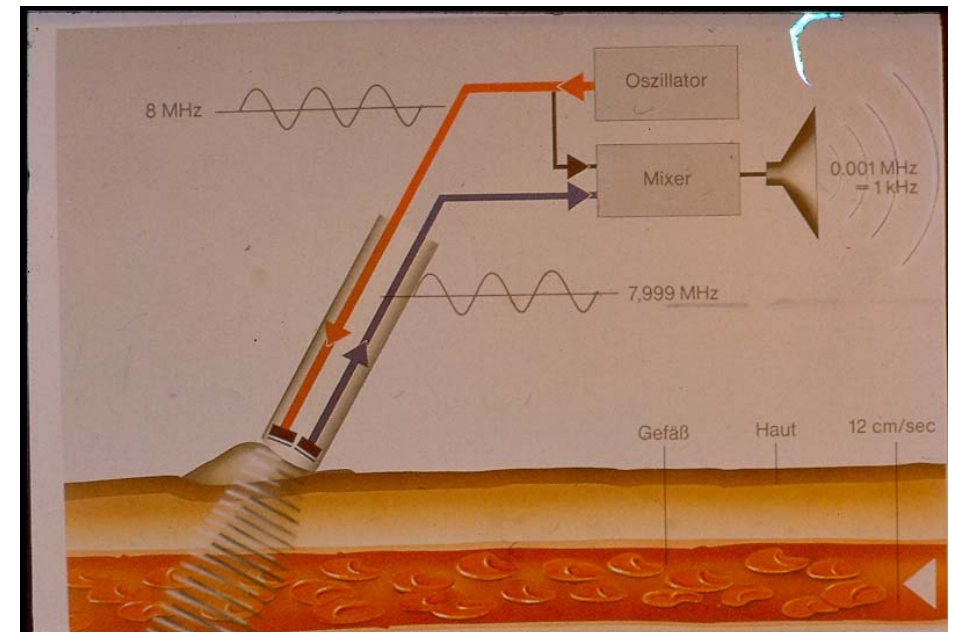
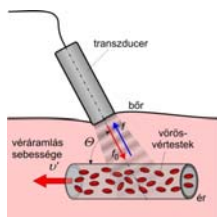
## Mozgás vizsgálata a Doppler-elv alapján

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

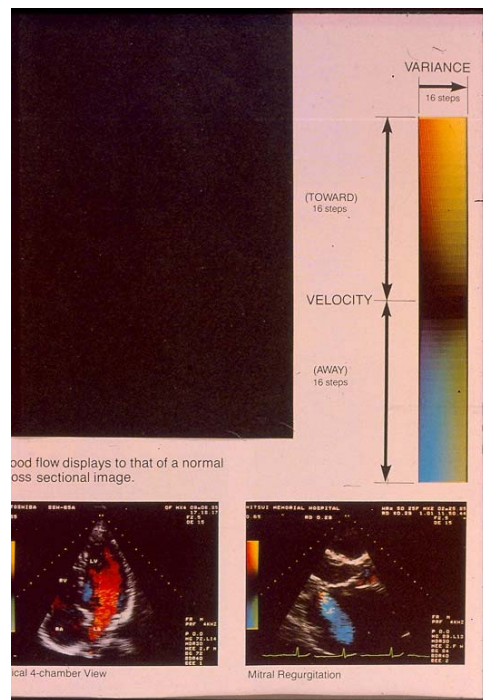
$$f = f_0 \left( 1 \pm \frac{2v}{c} \right)$$



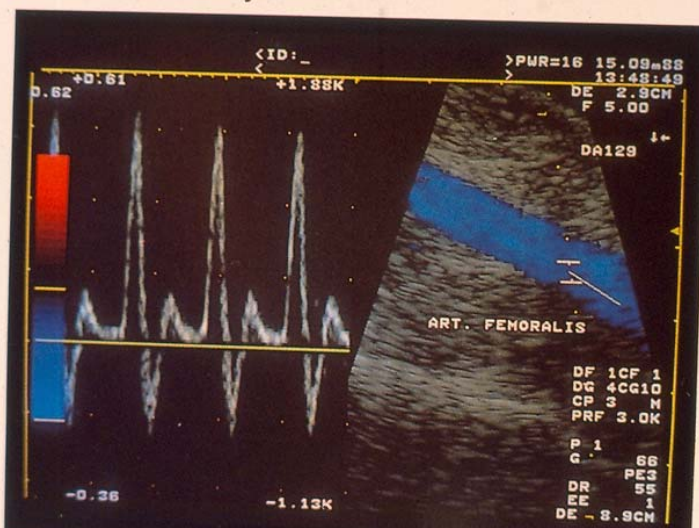
Az eredeti és a visszavert frekvencia különbsége a hallható hang tartományába esik – hangszóróra, vagy fejhallgatóra kapcsolható (érvizsgálat illetve magzati szívmozgás vizsgálata).



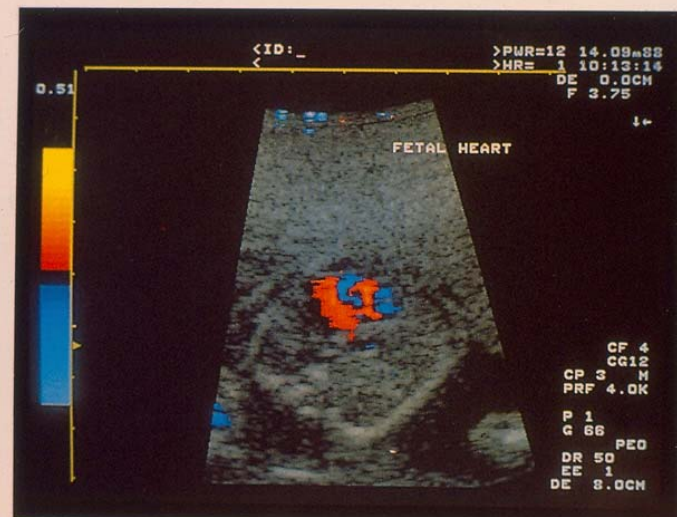




## 20. Femoral artery

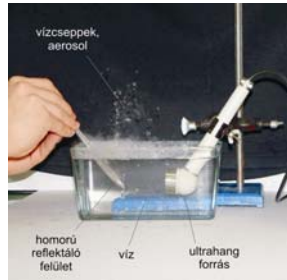


## 16. Fetal heart



### 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.

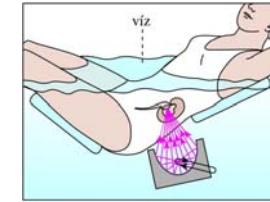
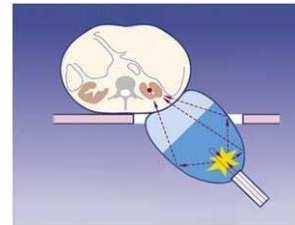
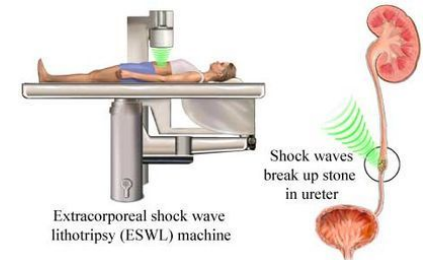
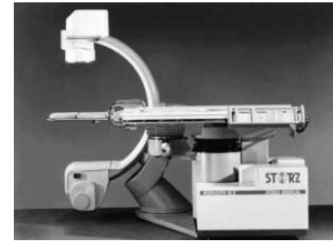


Izomlazító, fájdalomcsillapító és értágító hatás.

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

### Lökéshullám terápia (közúzás)

Extrakorporális lökéshullám (ESWL) közúzó berendezés.



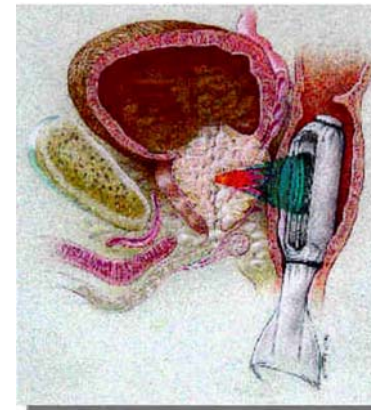
Nagy intenzitású, fókuszált lökéshullám hatására a vese-vagy epekő széttöredezik

### Fogkőeltávolítás ultrahanggal



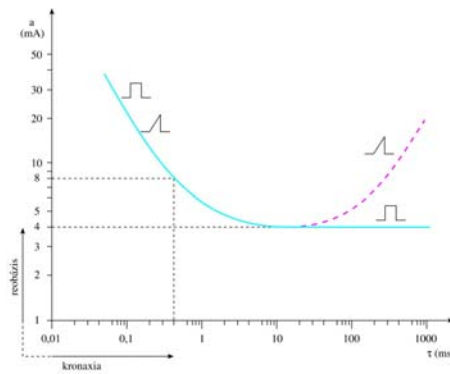
### HIFU (high intensity focused ultrasound)

- prosztatatarák kezelése ultrahanggal

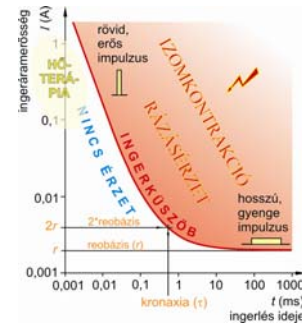




## Elektromos áram hatásai (ingerkarakterisztika görbe)

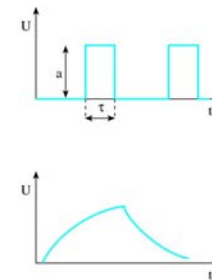


- Különbség a háromszög- és négyszög- Impulzusok hatása között (csak egészséges izmok esetében) – **károsodott izmok szelektív kezelése.**
- Rövid impulzusidők (nagy frekvenciák esetén) igen magas a küszöb – nincs ingerhatás, csak hőhatás – **nagyfrekvenciás hőterápia.** ( $f > 100 \text{ kHz}$ )



## Elektromos impulzusok előállíthatók egyenként illetve impulzussorozat formájában.

- egyetlen impulzus jellemzői:
  - impulzusidő ( $\tau$ )
  - amplitúdó ( $a$ )



Egy-egy impulzus felhasználható:

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



## Impulzus sorozat

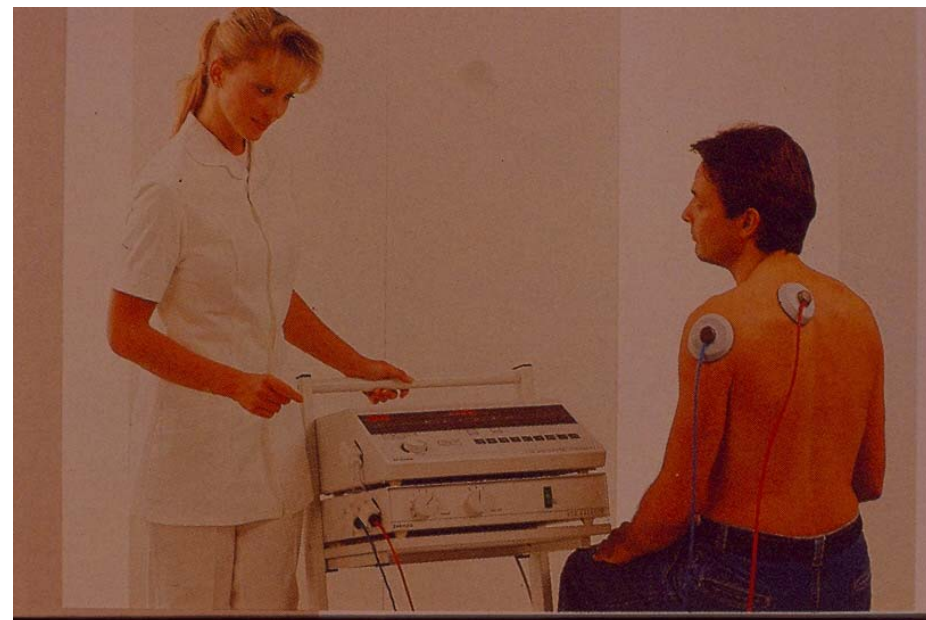
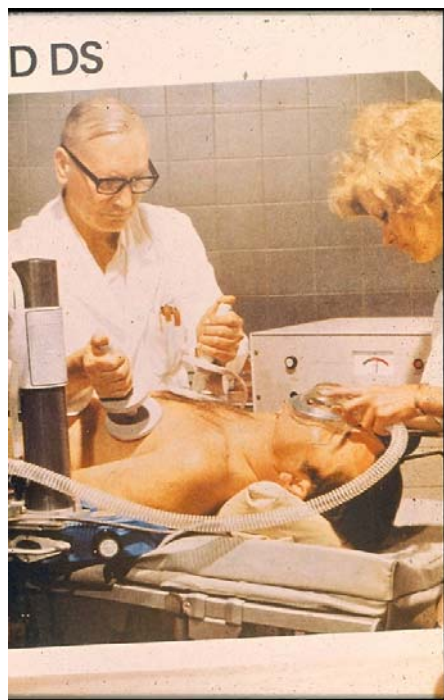
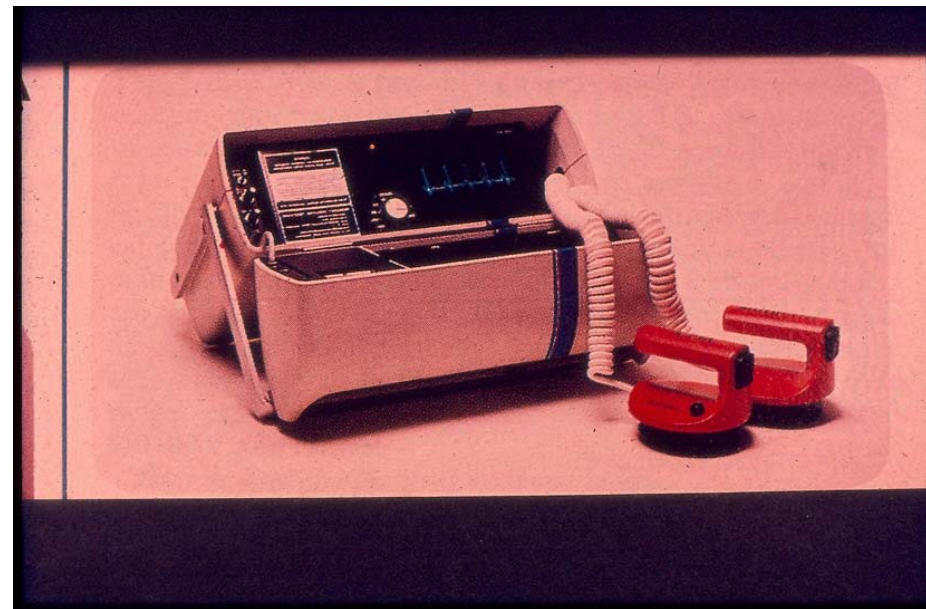
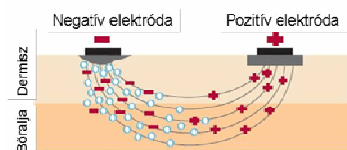
- további jellemzők az impulzusidőn és az amplitúdón kívül
  - periódusidő (T) impulzusidő + két impulzus közti szünet időtartama
  - frekvencia (f) a periódusidő reciproka
  - kitöltési tényező ( $\tau/T$ )
- felhasználása
  - szívizom ingerlésére (pacemaker)
  - vázizmok ingerlésére (ideg-, illetve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



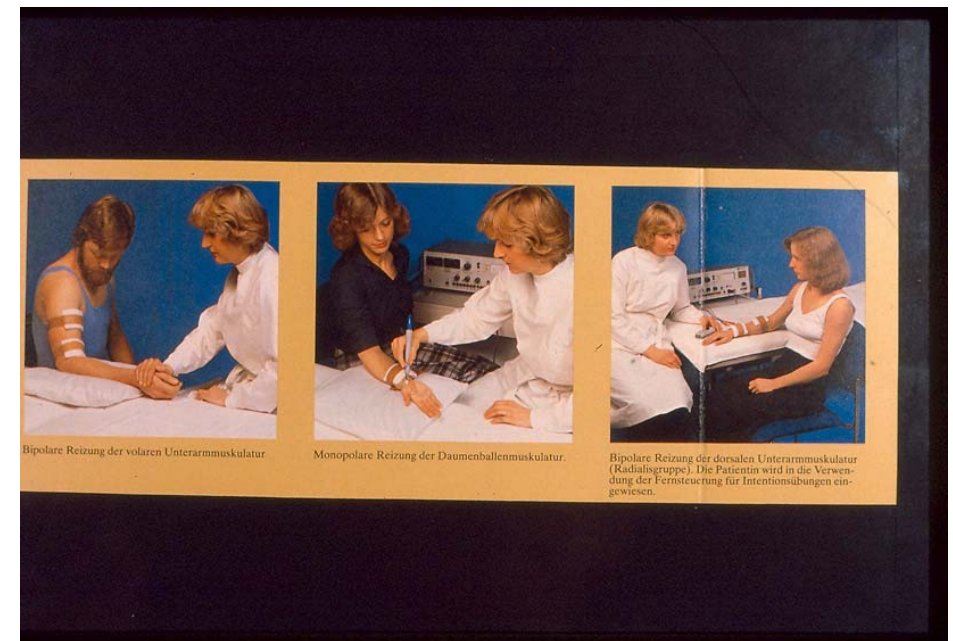
**Galvánkezelés:** állandó egyenáram alkalmazása

- hatásai: - fájdalomcsillapító
- sejttanyagcsere-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 elektród páron néhány 1000 Hz-es áramot alkalmaznak. A két frekvencia különbsége kicsi (kb. 100 Hz). Az elektród párok megfelelő elhelyezésével a különbségi frekvencia a kívánt területen (pl. károsodott izom) jelenik meg.

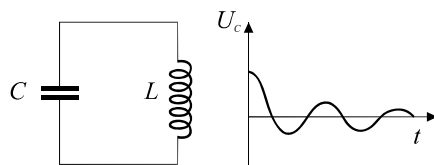






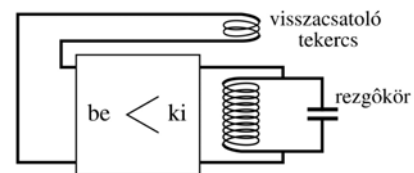
## Nagyfrekvenciás hőterápia

Nagyfrekvenciás szinuszrezgések előállítása:  
visszacsatolt rezgőkörrel (LC-kör)



a

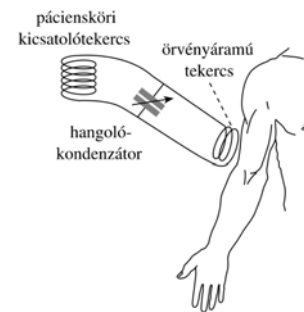
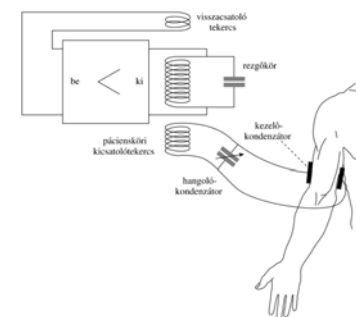
b



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

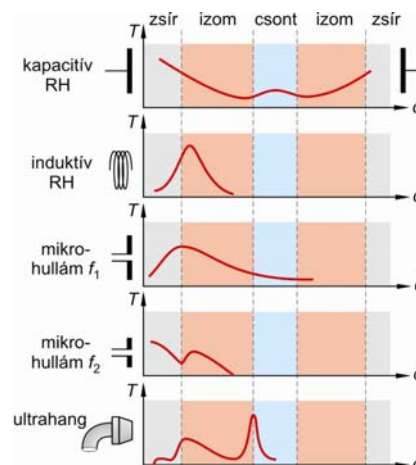
A hőfejlődés mértéke a különböző szövetekben és különböző  
kezelési módok esetén jelentősen eltér.  
(kezelési módok: kondenzátorteres, tekercsteres, sugárteres)

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



## 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 ( $f \sim 2,5 \text{ GHz} - \lambda \sim 12 \text{ cm}$ )



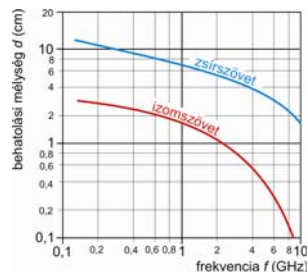
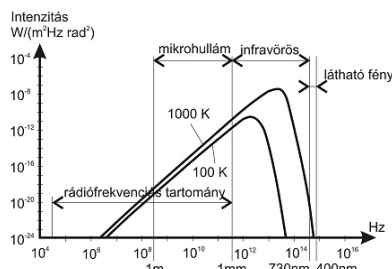
pl. kondenzátorteres módszernél:

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

frekvencia	$\sigma_{\text{zsír}}$ [mS/cm]	$\sigma_{\text{izom}}$ [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.

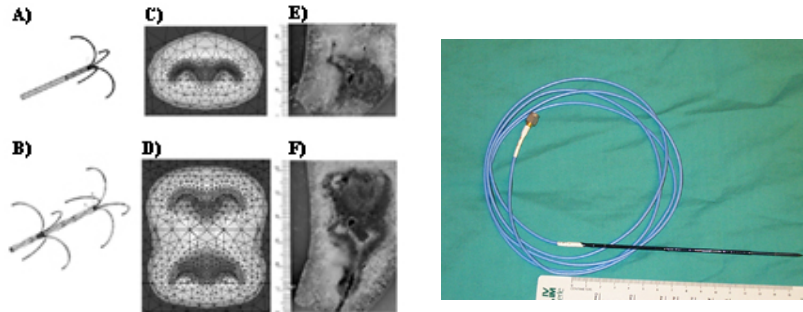


frekvencia	behatolási mélység [cm]	
	zsírszövet	izomszövet
100 MHz	30	4
10 GHz	3	0,2

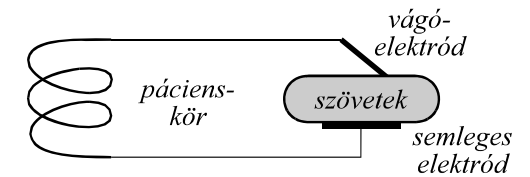
Terápia: - Hőterápia (mikrohullámú hipertermia)  
 - ízületi, reumatikus betegségek  
 - bőrbetegségek (ekcéma, szemölcs, pikkelysömör, érdaganat)  
 - daganatkezelés – optimális: 42 – 43,5 °C  
 tumorhőmérséklet. (A daganat elpusztul, de a környező, egészséges sejtek még nem károsodnak.) Sugár-, vagy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



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



**ERBE OPHTHALMOBIPOLAR**

Ophthalmobipolar

Technique

Power supply

Lead current in conductor

Power consumption

RF power bipolar

Operating frequency

Protection class

Dimensions

Weight

Guarantee

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 endodiatomy.

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

