

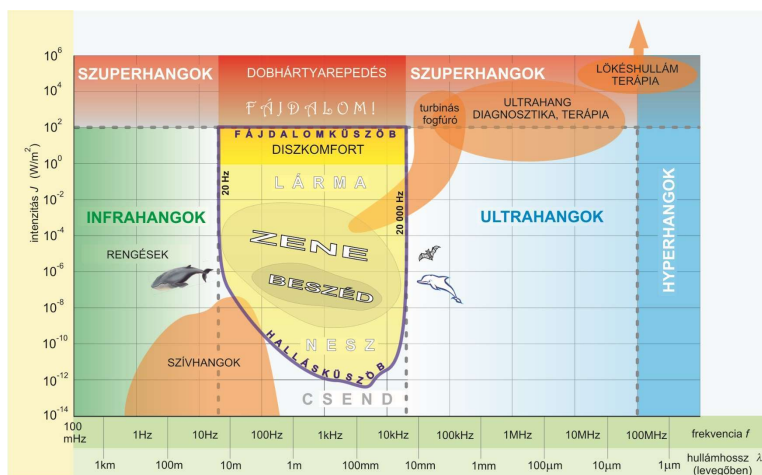
# Ultrahang és elektromos impulzusok alkalmazása

Dr. Voszka István

SE Biofizikai és Sugárbiológiai Intézet

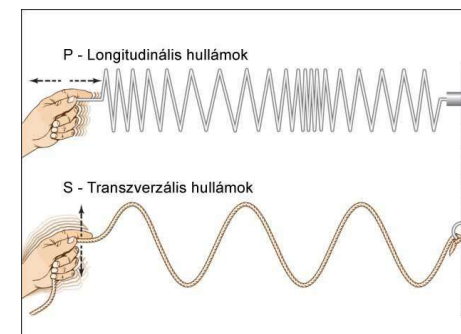


## Mechanikai hullámok tartományai frekvencia és intenzitás alapján



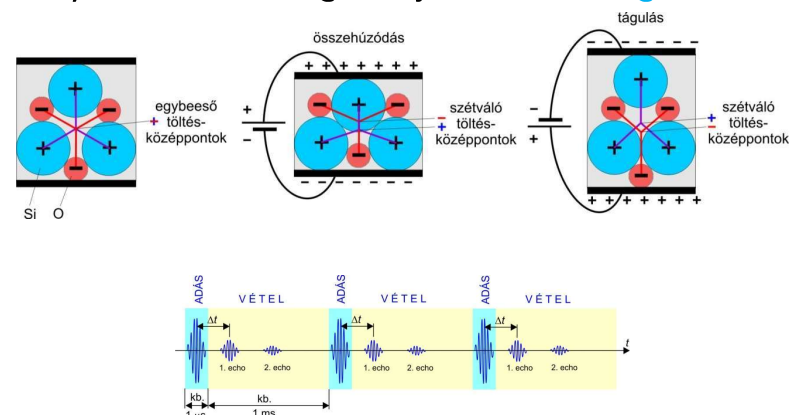
**Ultrahang:** 20 kHz-nél magasabb frekvenciájú mechanikai hullám.

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



## Előállítható piezoelektromos kristállyal

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



## Orvosi felhasználás:

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



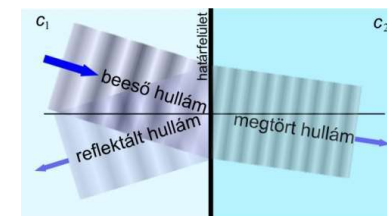
- Terápia:  $f = 0,8 - 1,2 \text{ MHz}$ ,  $J \sim \text{W/cm}^2$



A diagnosztikai alkalmazás alapja az ultrahang visszaverődése a közeghatárokról

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

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



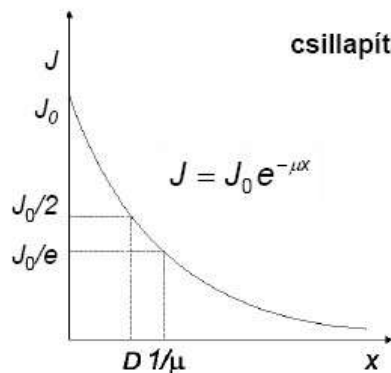
$\rho c = Z$  (akusztikus impedancia)

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

$\alpha = 10 \cdot \mu \cdot x \cdot \lg e \text{ dB}$

$\mu$  a diagnosztikai  
frekvencia tartományban  
arányos a frekvenciával

fajlagos csillapítás:

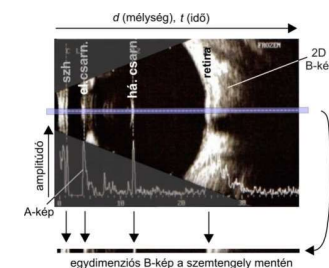
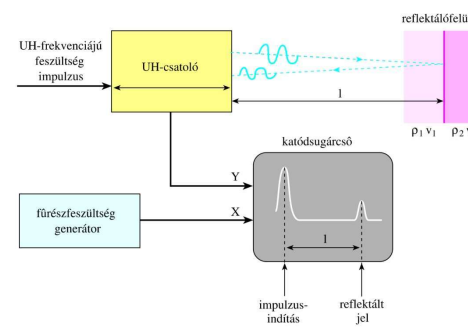
$$\frac{\alpha}{f \cdot x}$$

9

- Nagyobb frekvencia:
- jobb felbontás
  - kisebb áthatolóképesség

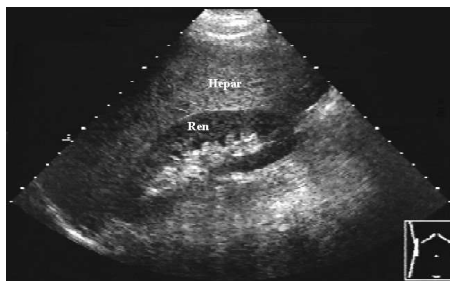
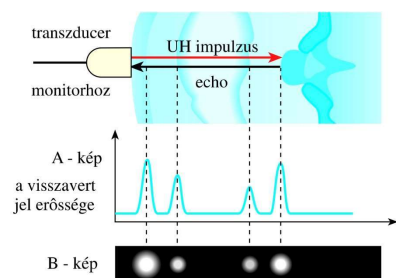
## A-kép (amplitúdó kép, analóg kép)

- távolságmérés (főleg természetben alkalmazzák)



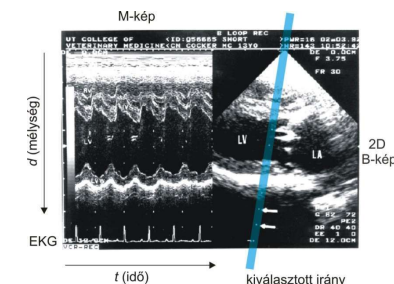
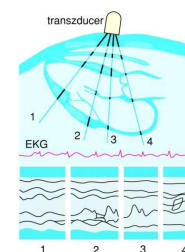
**B-kép (brightness = fényesség)**

- a képpont fényessége a reflexió mértékétől függ



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

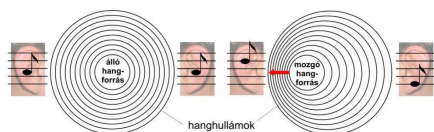
- a reflektáló felület helyzete időben változik (echocardiographia)  
egydimenziós B-kép időbeli változása



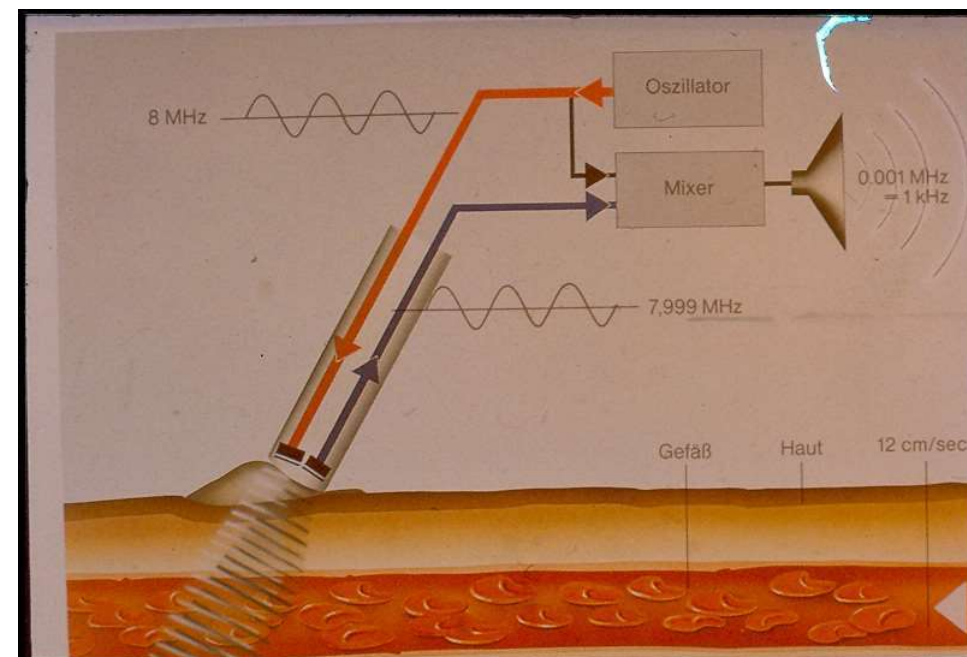
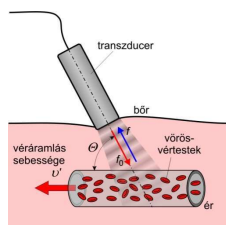
## Mozgás vizsgálata a Doppler-elv alapján

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

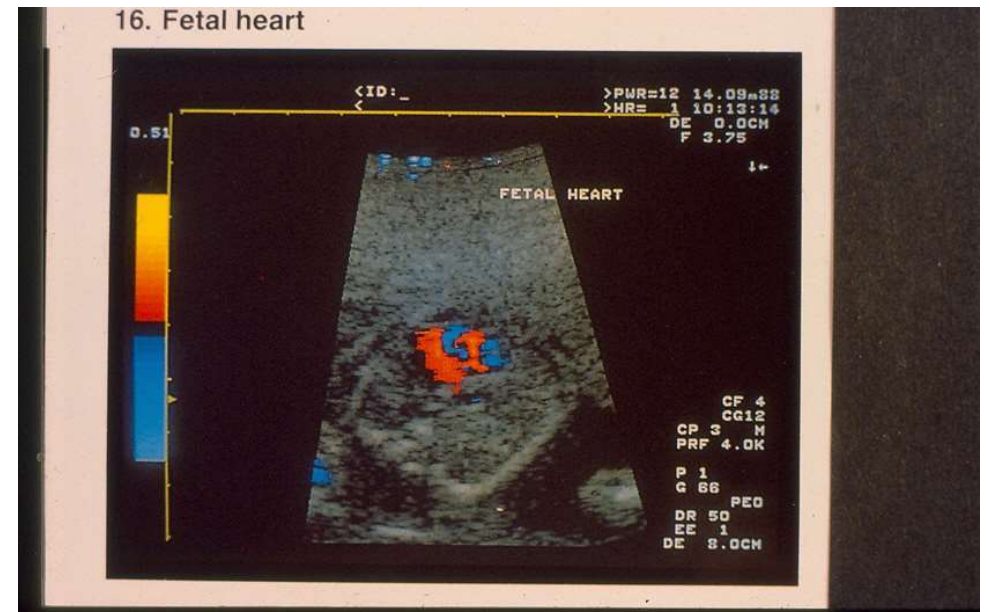
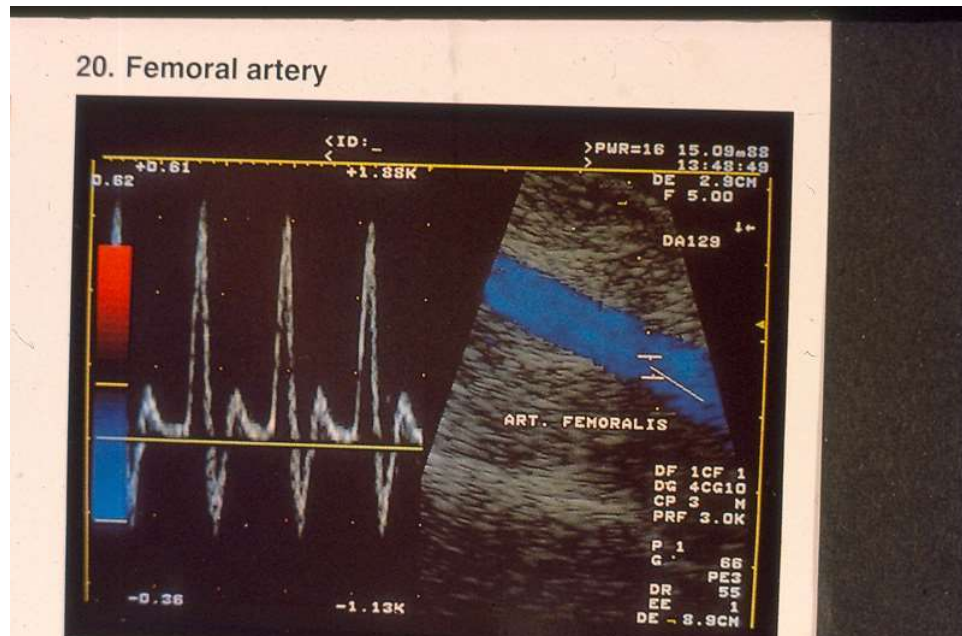
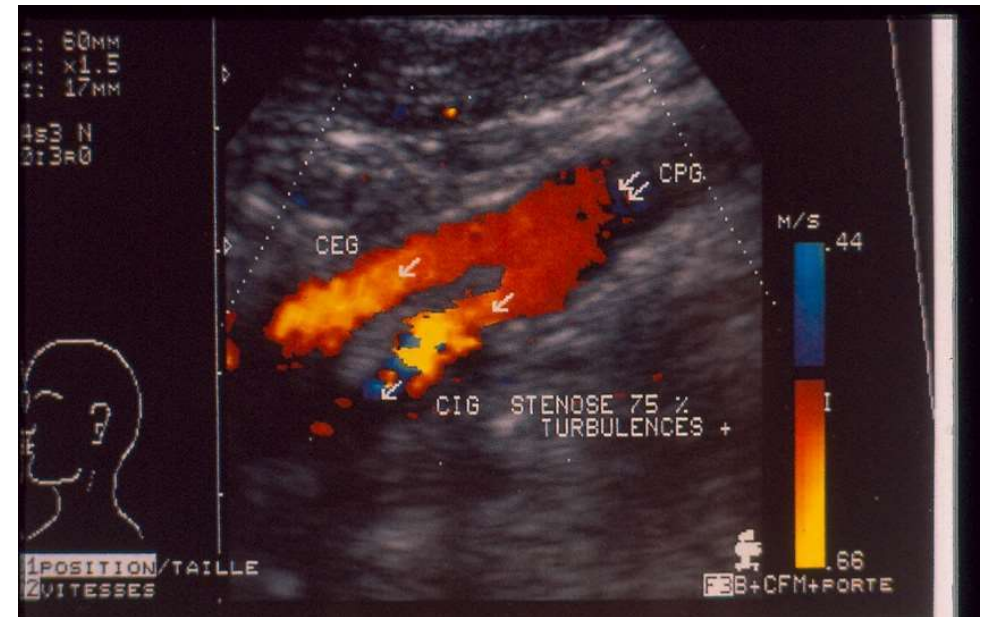
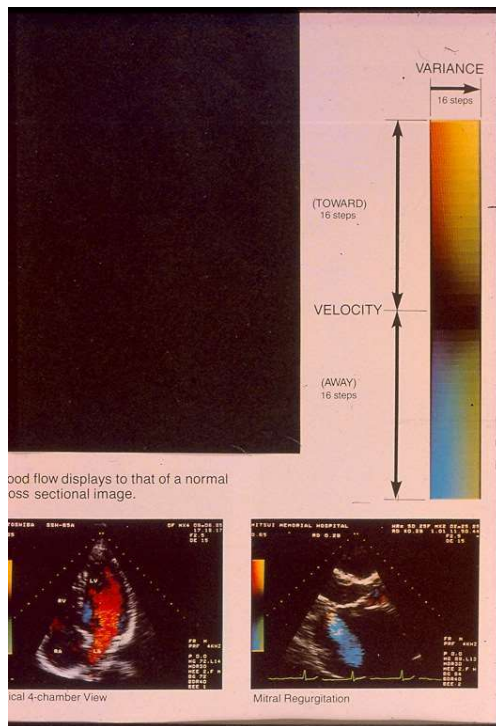
$$f = f_0 \left( 1 \pm \frac{2v}{c} \right)$$



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

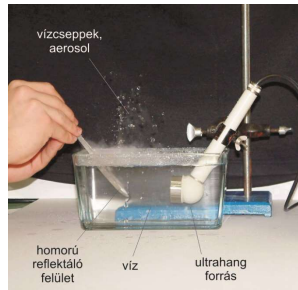






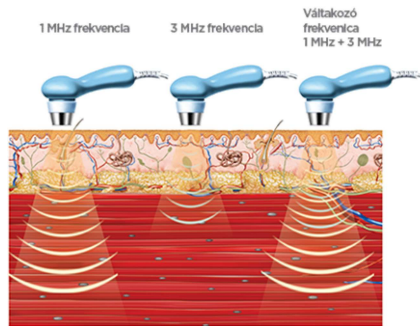
## Ultrahang terápia ( $f = 0,8 - 1,2$ MHz, jellemzően 0,8 MHz)

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



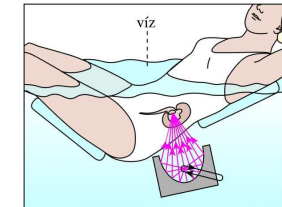
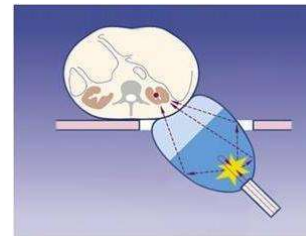
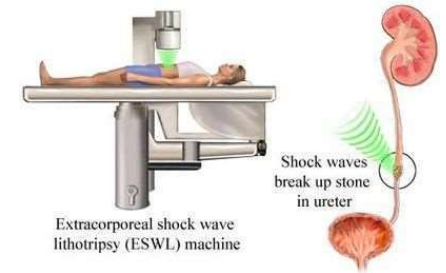
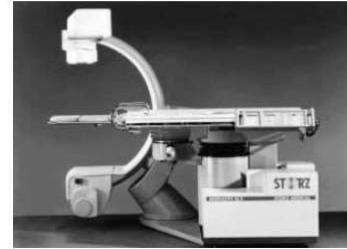
Izomlazító, fájdalomcsillapító és értágító hatás.

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



## Lökéshullám terápia (kőzúzás)

Extracorporális lökéshullám (ESWL) közözo berendezés.



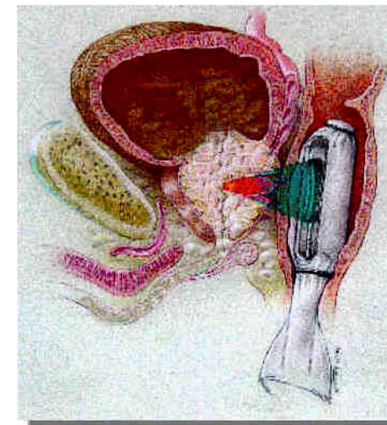
Nagy intenzitású, fókuszált lökéshullám hatására a vese-vagy epekő széttöredezik

## Fogkőeltávolítás ultrahanggal



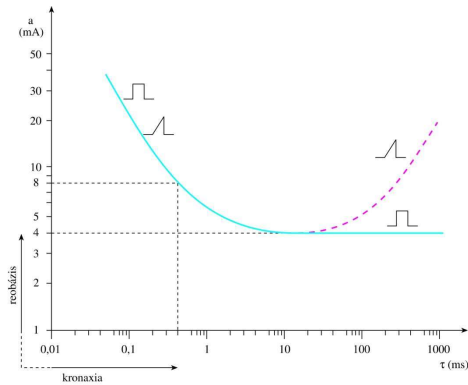
## HIFU (high intensity focused ultrasound)

- prosztatatarák kezelése ultrahanggal

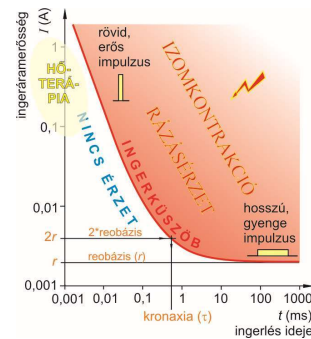




## Elektromos áram hatásai (ingerkarakterisztika görbe)



- 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.** ( $f > 100 \text{ kHz}$ )



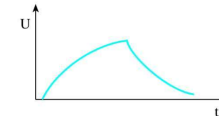
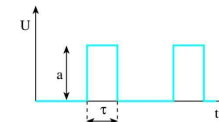
Egy-egy impulzus felhasználható:

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



## Elektromos impulzusok előállíthatók egyenként illetve impulzussorozat formájában.

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



## Impulzus sorozat

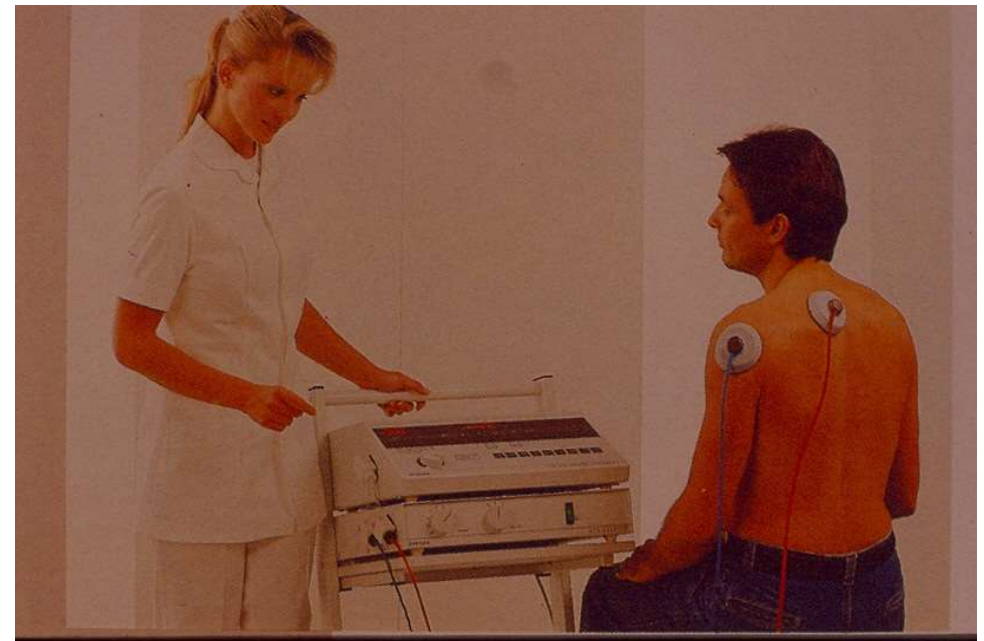
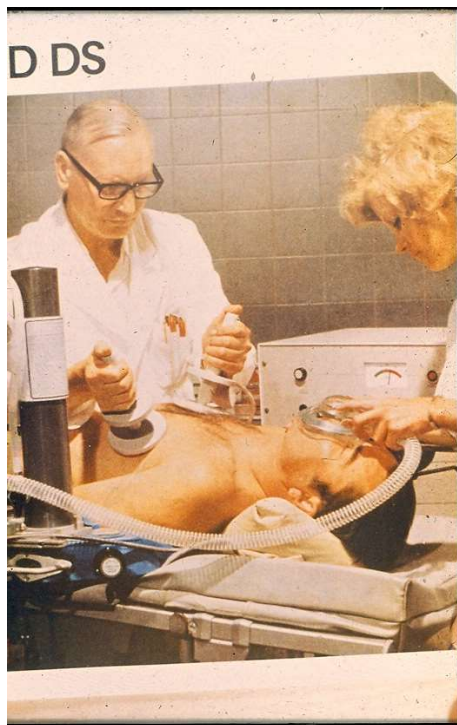
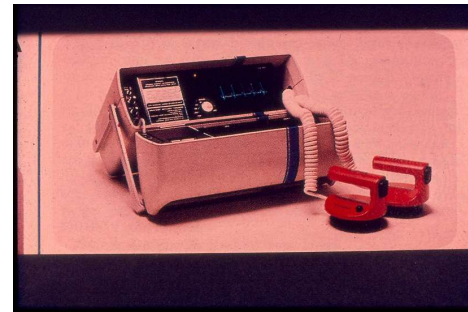
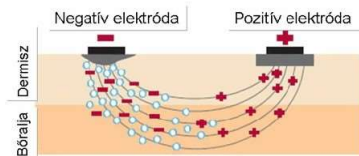
- további jellemzők az impulzusidőn és az amplitúdón kívül
  - periódusidő (T) impulzusidő + két impulzus közti szünet időtartama
  - frekvencia (f) a periódusidő reciproka
  - kitöltési tényező ( $\tau/T$ )
- felhasználása
  - szívizom ingerlésére (pacemaker)
  - vázizmok ingerlésére (ideg-, illetve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

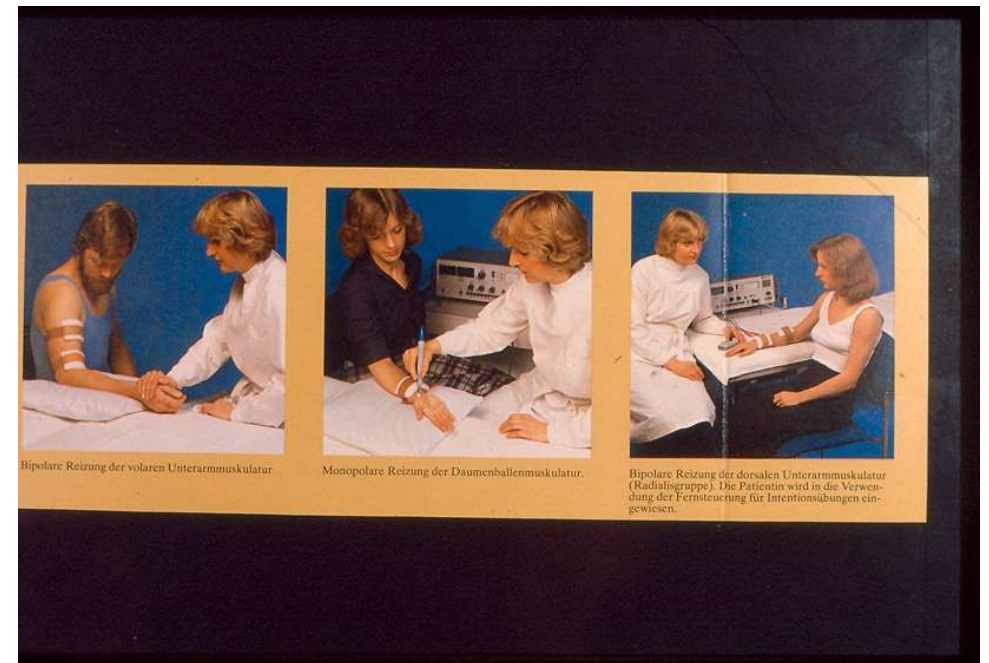


**Galvánkezelés:** állandó egyenáram alkalmazása

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

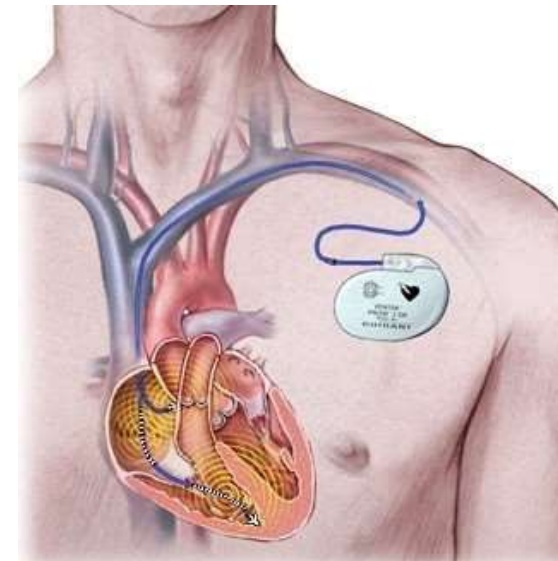
**Iontoforézis:** ionos gyógyszerek juttathatók be a két elektród között elhelyezkedő szervbe egyenáram segítségével.  
(fájdalomcsillapítók, gyulladáscsökkentők, értágítók, szövet-puhítók)





### 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.

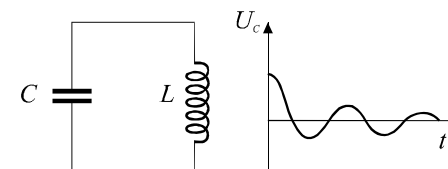






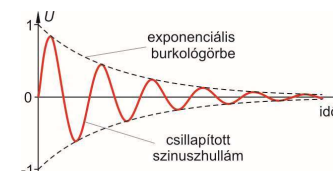
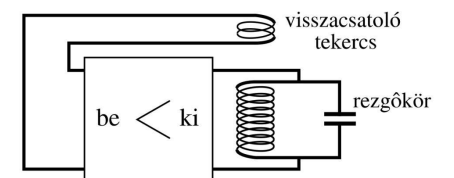
## Nagyfrekvenciás hőterápia

Nagyfrekvenciás szinuszrezgések előállítása:  
visszacsatolt rezgőkörrel (LC-kör)



a

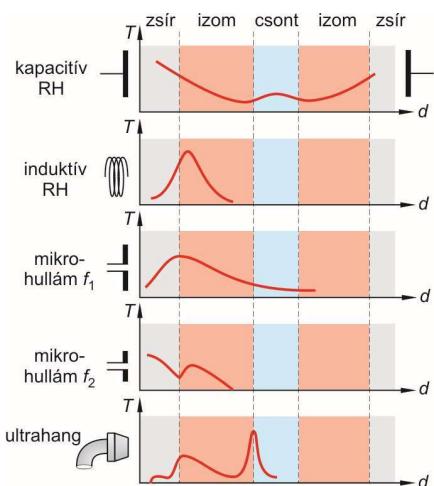
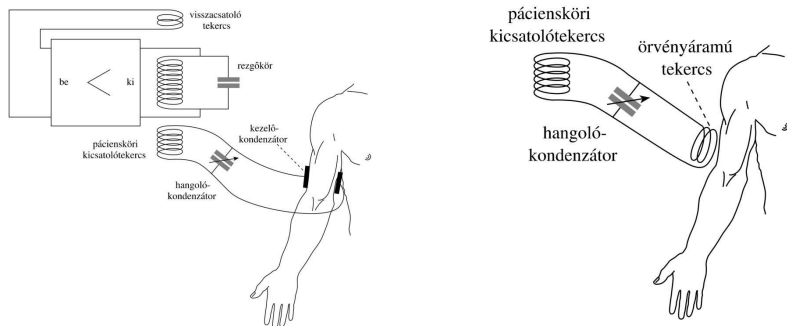
b



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

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.



pl. kondenzátorteres módszernél:

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

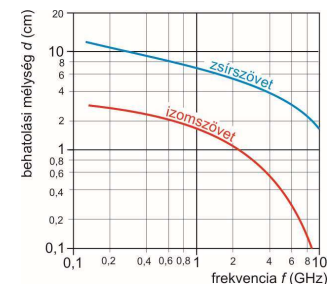
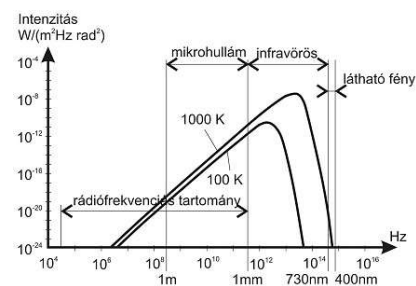
frekvencia	$\sigma_{\text{zsír}}$ [mS/cm]	$\sigma_{\text{izom}}$ [mS/cm]
300 MHz	2,7	9,0-9,9
1000 MHz	3,6	13,0-14,5

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

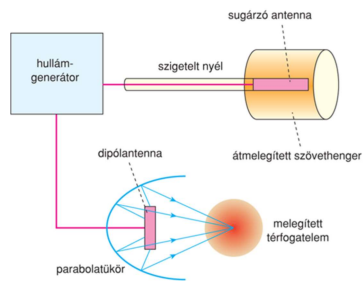
### Mikrohullám orvosi alkalmazásai:

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.

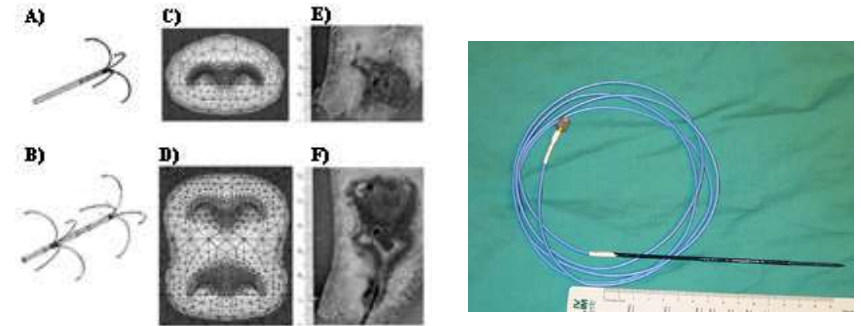


frekvencia	behatolási mélység [cm]	
	zsírszövet	izomszövet
100 MHz	30	4
10 GHz	3	0,2

- 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/cm<sup>2</sup>.



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



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

