

# KOMPLEX RENDSZEREK

KELLERMAYER MIKLÓS

## KOMPLEX RENDSZEREK

“Az egész több, mint az részek összege.”

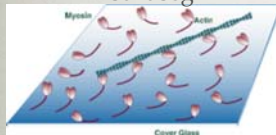
A fizikai és matematikai modellezés egy ága, amely azt vizsgálja, hogy a részek kapcsolata hogyan vezet *kollektív viselkedéshez*, és a rendszer hogyan alakít ki kölcsönhatásokat a környezetével.



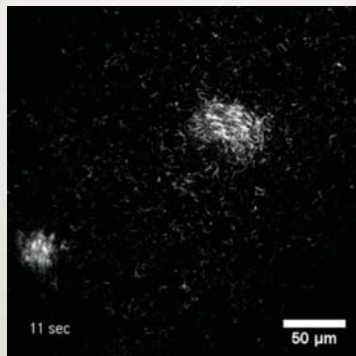
## MOZGATOTT FILAMENTUMOK KOLLEKTÍV VISELKEDÉSE

Alacsony filamentum sűrűség

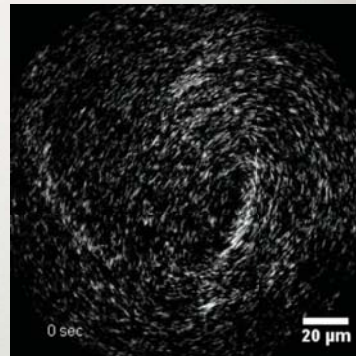
Nagyon nagy filamentum-sűrűségű környezet



In vitro aktomiozin motilitás

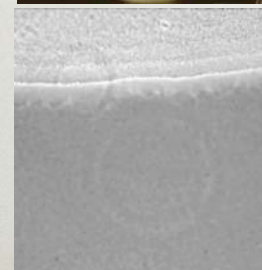


Csoportos mozgás

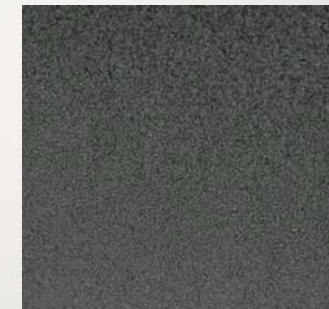


Örvénylő mozgás

## BAKTÉRIUMOK KOLLEKTÍV VISELKEDÉSE



Rajzás (*Pseudomonas aeruginosa*)



Örvénylés (*Escherichia coli*)

“Quorum sensing”: quorum = határozatképesség

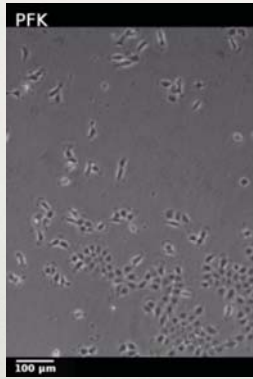
A populációsűrűséget szabályozó stimulus-válasz rendszer.

Jelátviteli molekulák (pl., oligopeptidek)

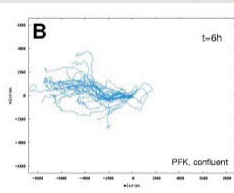
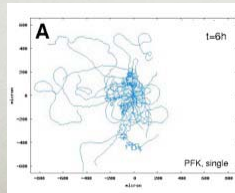
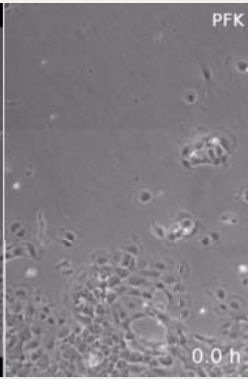
A quorum sensing döntéshozó folyamatként működik, ha az egyedek képesek: a) mérni a környezetben levő többi egyed számát, és b) egy standard válaszreakciót kivitelezni.

## TENYÉSZTETT EUKARIÓTA SEJTEK KOLLEKTÍV VISELKEDÉSE

Hal keratinocita  
alacsony denzitás



Hal keratinocita  
magas denzitás



Egymásra  
vetített sejt-  
trajektóriák

## ÁLLATCSOPORTOK KOLLEKTÍV VISELKEDÉSE



Halraj



Madárcsapat

## EMBERTÖMEGEK KOLLEKTÍV VISELKEDÉSE



Táncolók rock koncerten ("mosh pit")



Mexikói hullám

## KÖZÖS ALAPOK

- Önhajtott részecskék
- Korreláció (térben és időben)
- Kölcsönhatási folyamatok
- Döntési mechanizmus
- Válaszreakció

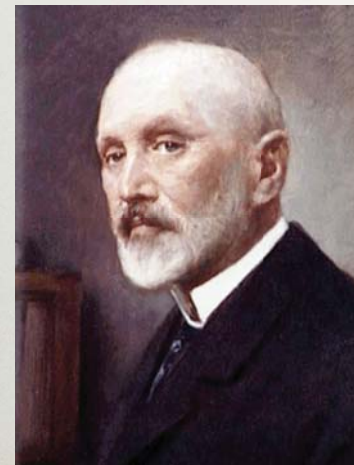


Robotok spontán  
kialauló kollektív  
mozgása



# BIOFIZIKAI KUTATÁSOK AZ ORVOSTUDOMÁNYBAN

## AZ EGYETEM FELADATA



“Tudományos az iskola, tudományos a tanítás ott, de csakis ott, ahol tudósok tanítanak. Hozzátehetem, hogy tudósnak nem a sokat tudót, hanem a tudomány *kutatóját* nevezem.”

Eötvös Loránd (1848-1919)

## SUGÁRZÁSOK BIOLÓGIAI HATÁSAI



Dr. Rontó Györgyi



Dr. Bérces Attila

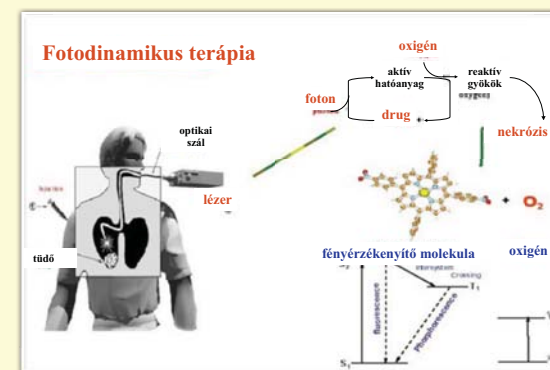


## Fény a gyógyításban



Dr. Csik Gabriella

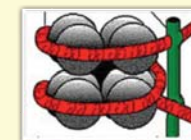
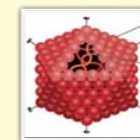
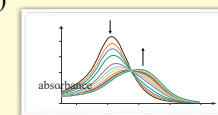
Fény által kiváltott kémiai reakciók terápiás felhasználása



**Kérdések:** mechanizmus (fotoreakciók támadáspontja)  
hatékonyság (új vegyületek, célbajuttató rendszerek stb.)  
felhasználás (mikroorganizmusok inaktiválása)

**Módszerek:** spektroszkópia, mikrobiológia, sejtbiológia

**Modellrendszerek:** DNS, DNS – fehérje komplex, modell membrán



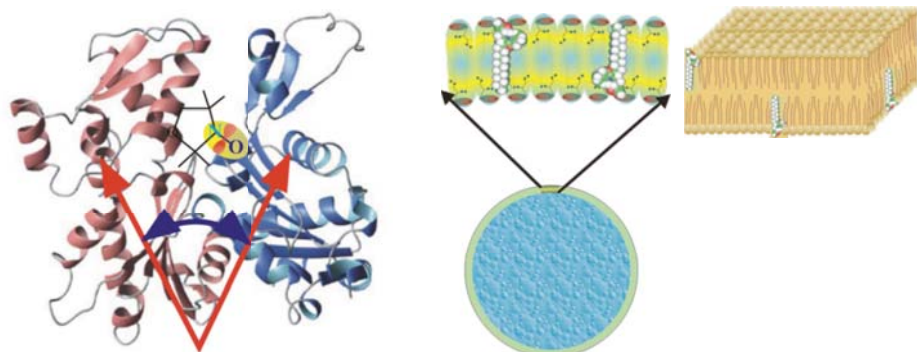


Dr. Gróf Pál

## Molekuláris mozgások, kölcsönhatások vizsgálata ESR spektroszkópiával

### Alapelv:

😊 a molekulákhoz kovalensen/nem-kovalensen kötött paramágneses monitorcsoport érzékenyen reagál a vizsgált molekulának, illetve környezetének változásaira.



konformációváltozás

✓ a szegmensek, a fehérje egészének rotációs diffúziójának meghatározása alapján

Liposzómák, biológiai membránok molekuláris kölcsönhatásainak vizsgálata — lipid-lipid, lipid-fehérje kölcsönhatás vizsgálata

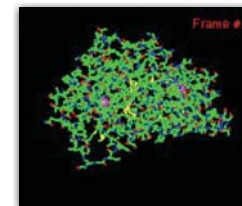
## Konformációs dinamika lézerspektroszkópiával



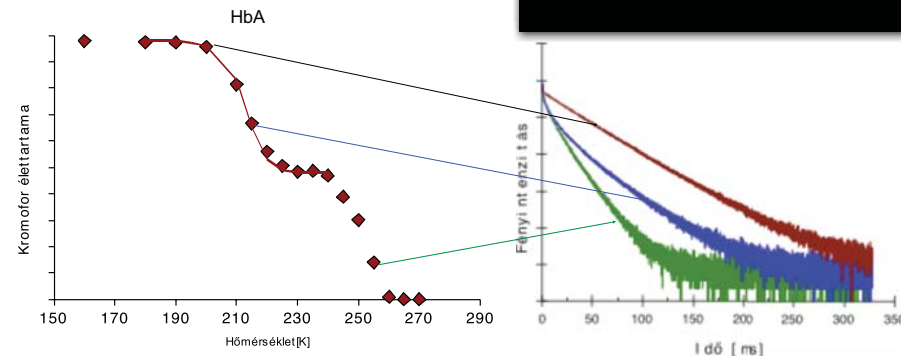
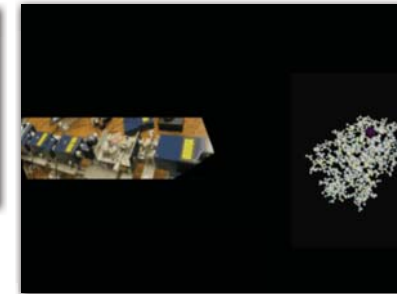
Dr. Fidy Judit



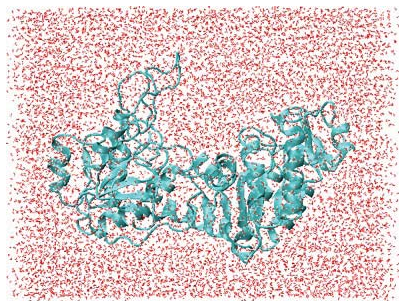
Schay Gusztáv



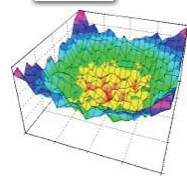
HRP



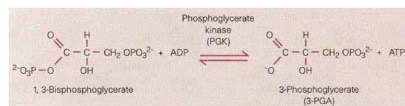
## Biológiai molekulák számítógépes szimulációja - Balog Erika



atomi szintű mozgások nyomonkövetése → funkcionális mozgás



foszfoglicerát kináz (PGK)



## Mikroszkopikus és szubmikroszkopikus biológiai rendszerek funkcionális kölcsönhatásainak szerkezeti és dinamikai alapjai

A legfrissebb közös munkánk eredménye:

Fényérzékenyítő anyagok sejtmembránba történő beépülésének vizsgálata modellrendszeren



Herényi Levente

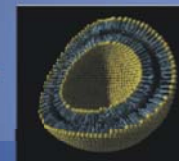


Veres Dániel

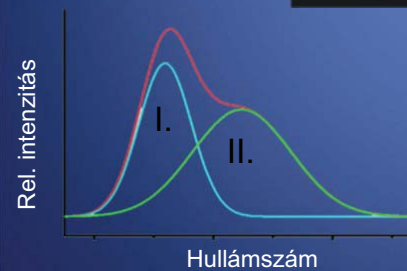


Böcskei-Antai Barnabás

Mezoporfirin IX  
-dimetilészter ill.  
-dihidroklorid

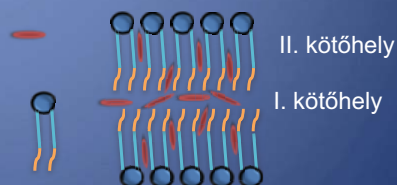


Nagyfelbontású  
fluoreszcencia  
spektroszkópia



porfirin

foszfatidil-  
kolin

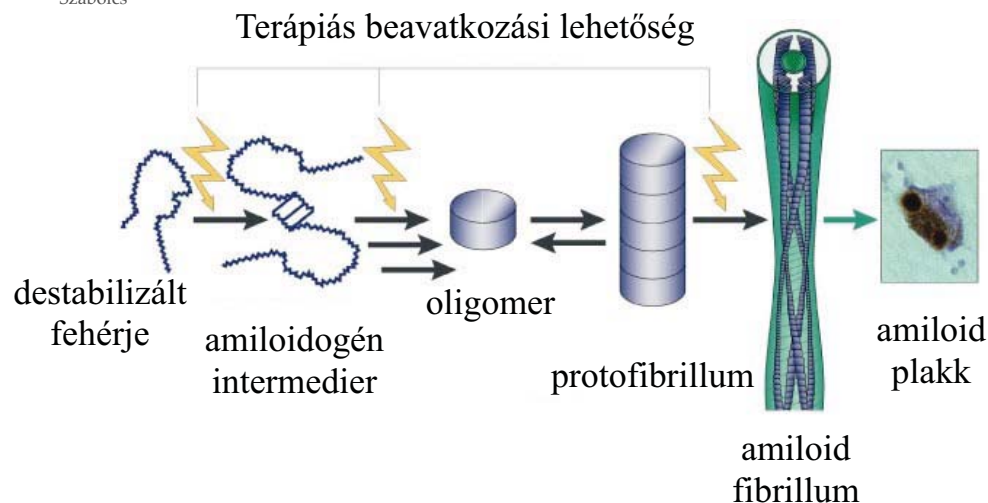






Dr. Osváth  
Szabolcs

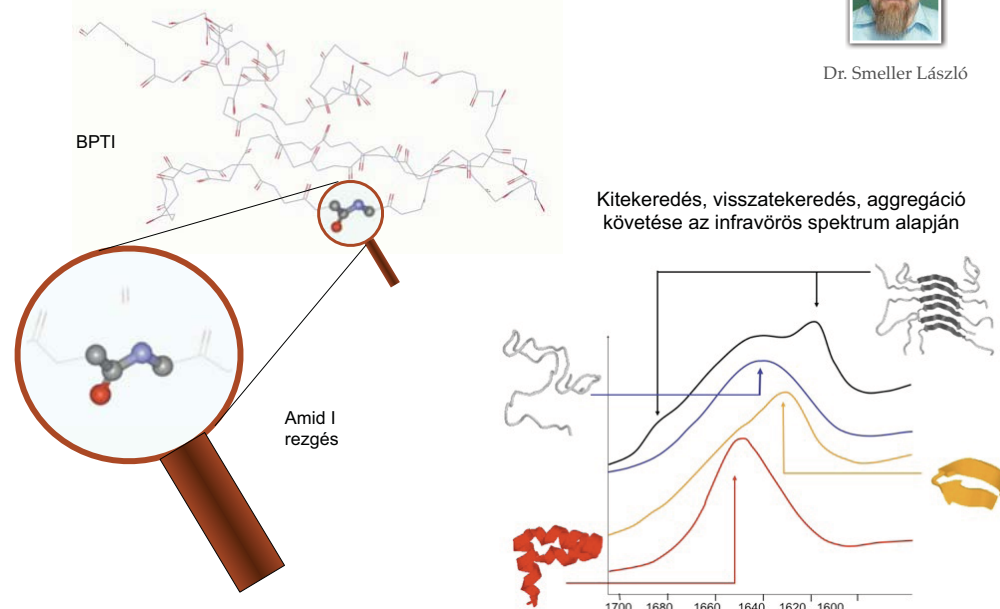
## Misfolding és amiloid képződés



## Fehérjék infravörös spektroszkópiája



Dr. Smeller László



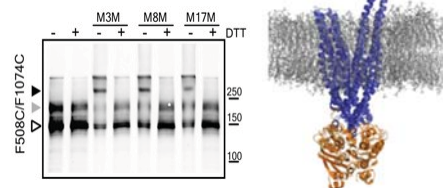
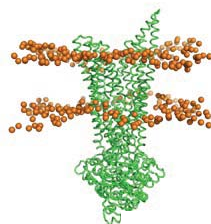
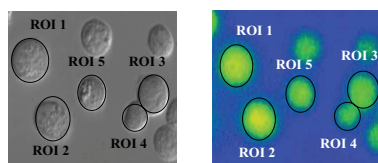
## Fehérje szerkezeti és dinamikai csoport

### Főbb témák:

- ABC fehérjék szerkezete és működése
- Rákos sejtek multidrog rezisztenciája
- Cisztás fibrózis molekuláris mechanizmusa

### Főbb módszerek:

- Sejtbiológiai, biokémiai és biofizikai módszerek
- Bioinformatika, molekuláris dinamika



www.hegelab.org  
tamas@hegelab.org

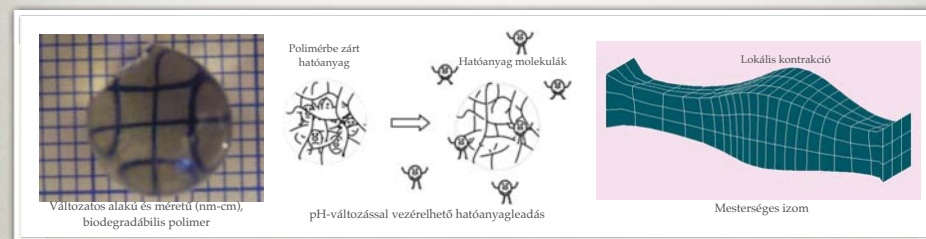


## NANOKÉMIAI KÖZPONT BIOANYAGOK ÉS BIOMIMETIKUS ANYAGOK KUTATÁSI ÉS OKTATÁSI KÖZPONT



Dr. Zrínyi Miklós

**Bioanyagok:** az élővilágot alkotó, az élő szervezetek által előállított, vagy befogadott (szintetikus) anyagok

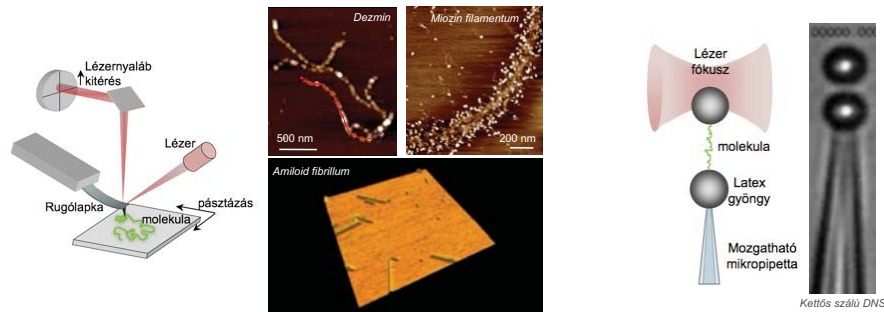


### Célok:

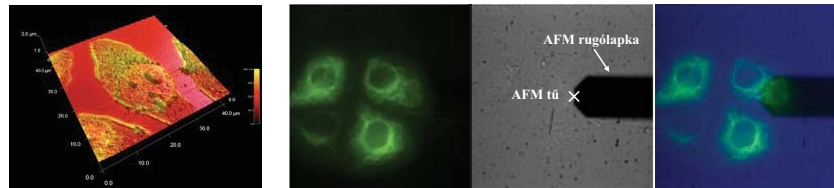
1. Biokompatibilis és/vagy biodegradábilis tulajdonságokkal rendelkező polimer implantátumok
2. Nano méretterományba eső „tissue engineering”-hez használható mátrixok
3. Szabályozott- és célba juttatott hatóanyag-leadáshoz használható hordozók
4. Molekuláris felismerésre (molecularly imprinting) alkalmas biomimetikus receptorokat tartalmazó polimergélek
5. Tervezhetően lebomló biodegradábilis polimeriek
6. Önszerveződő (self assembly) struktúrák
7. Mesterséges izmok kifejlesztése.

# EGYMOLEKULA BIOFIZIKA ÉS NANOBIOTEHNOLOGIA

Egyedi molekulák szerkezete, dinamikája és mechanikája AFM-mel, lézercsipessel



Egyedi élő sejtek nanomechanikája



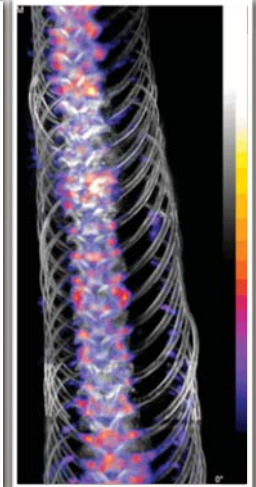
# IN VIVO KÉPALKOTÓ KÖZPONT: NANOSPECT/CT



Dr. Szigeti Krisztián



Boa constrictor



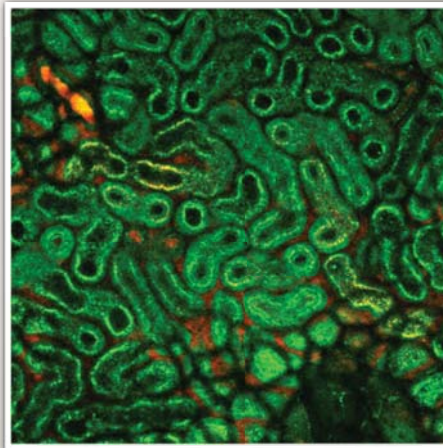
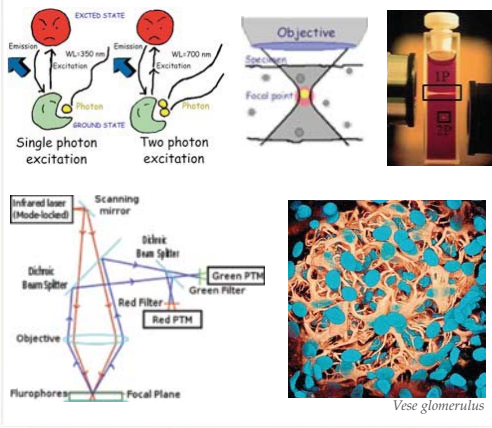
Osteomyelitis, <sup>99m</sup>Tc-MDP  
(methylene-diphosphonate)

# IN VIVO KÉPALKOTÓ KÖZPONT: KÉT-FOTON FLUORESZCENCIA



Dr. Kis-Petik Katalin

Kétfoton mikroszkópia



Vese glomerulus

# A FIZIKÁLIS VIZSGÁLAT BIOFIZIKAI ALAPJAI



## FIZIKÁLIS VIZSGÁLAT

- Megtekintés (inspectio)
- Tapintás (palpatio)
- Kopogtatás (percussio)
- Hallgatózás (auscultatio)

## MEGTEKINTÉS (INSPECTIO)

Mi ez?

A beteg vizuális vizsgálata

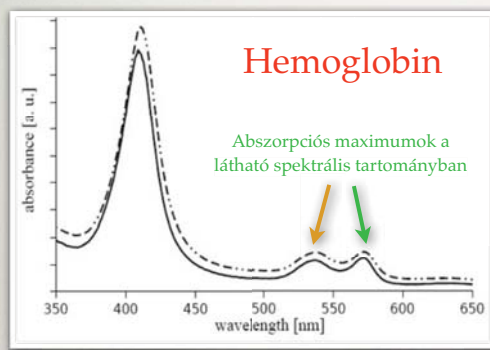
Mit vizualizálunk?

Viselkedés, morfológia, szerkezet, *szín*

Kapcsolat a biofizikával:

Abszorpciós spektroszkópia

## FÉNYABSORPCIÓ



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

$$\lg \frac{J_0}{J} = \mu x \lg e$$

$$\lg \frac{J_0}{J} \approx \mu$$

abszorbancia, optikai sűrűség

$$\lg \frac{J_0}{J} = \epsilon_{\lambda} c x$$

Lambert-Beer törvény

$\epsilon_{\lambda}$  = moláris extinkciós együttható

c = koncentráció

## PÉLDÁK



Cyanosis (plazma deoxihemoglobin megemelkedett)



Icterus (sárgaság, hyperbilirubinaemia)



Erythema (bőrpír)

## TAPINTÁS (PALPATIO)

### Mi ez?

A beteg vizsgálata közvetlen, kézzel történő tapogatás révén

### Mit tapintunk?

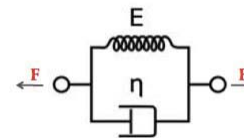
Méret, alak, lokalizáció, *rugalmasság*

### Kapcsolat a biofizikával:

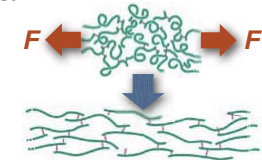
Biomechanika

## VISZKOELASZTICITÁS

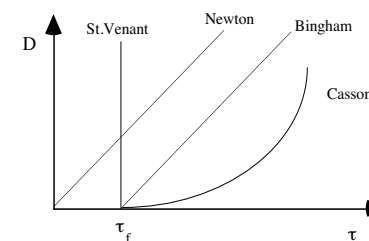
Rugó-dugattyú model



Egyszerűsített mechanizmus



Sebesség-grádiens a nyíróerő függvényében newtoni és nem-newtoni folyadékokban



Példa: oedema (ujjbenyomatot tartó, tézta tapintat)

## KOPOGTATÁS (PERCUSSIO)

### Mi ez?

A beteg vizsgálata éles, rövid, lokális ütések, koppantások segítségével

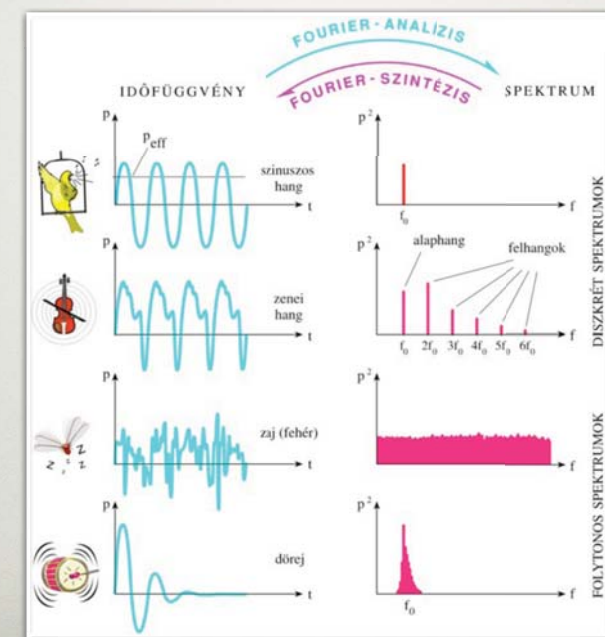
### Mit kopogtatunk?

Anyagi tartalom, alak, határok

### Kapcsolat a biofizikával:

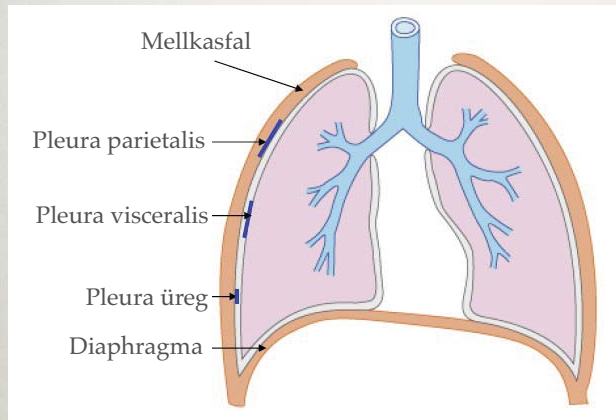
Hang generálása, terjedése és detektálása

## Hangok és spektrumaik





# A LÉGZŐRENDSZER MINT DOBOZ



1. Tompa (izom, máj)
2. Éles nem dobos (tüdő)
3. Dobos (üreg)

A rekesz, szív, máj (és más parenchymás szervek) határait detektálhatjuk kopogtatással.

# HALLGATÓZÁS (AUSCULTATIO)

## Mi ez?

Beteg vizsgálata a benne keletkezett hangok és zörejek meghallgatásával (sztetoszkóppal)

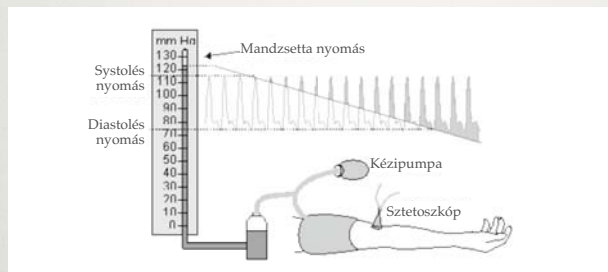
## Mit hallgatunk?

Hangosság, hangmagasság, hangszín, időtartam, időbeli változás (ritmus)

## Kapcsolat a biofizikával:

Hang generálása és terjedése, folyadékáramlás, turbulencia

# KOROTKOW-FÉLE HANG



1. toppanás
2. surranás
3. koppanás
4. tompulás

## Reynolds-szám:

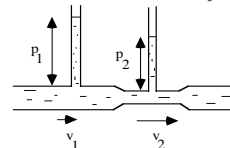
$$R = \frac{vr\rho}{\eta}$$

$v$ =áramlási sebesség (m/s)  
 $r$ =cső sugara (m)  
 $\rho$ =sűrűség (kg/m<sup>3</sup>)  
 $\eta$ =viszkozitás (Ns/m<sup>2</sup>)



Turbulens áramlás ( $R > \sim 1000$ )  
 hangeffektussal jár

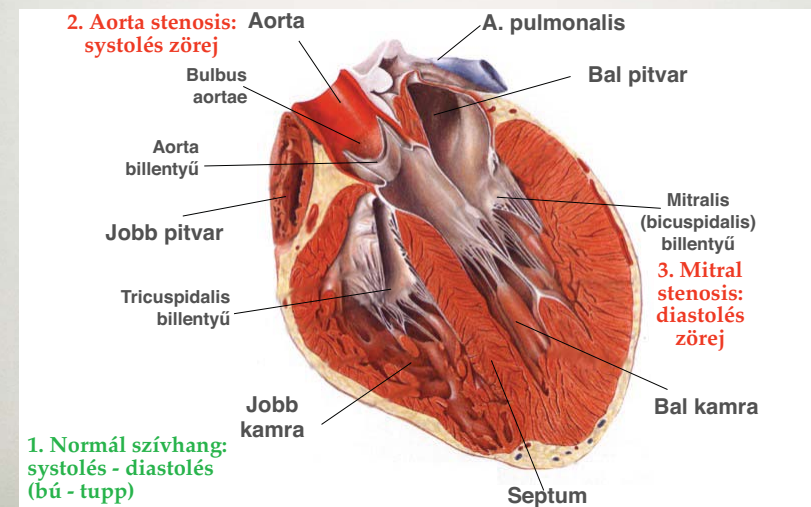
## Bernoulli-törvény



A sztatisztikus és dinamikus nyomások közötti fluktuáció az a. brachiális gyors záródásával-nyílásával jár.

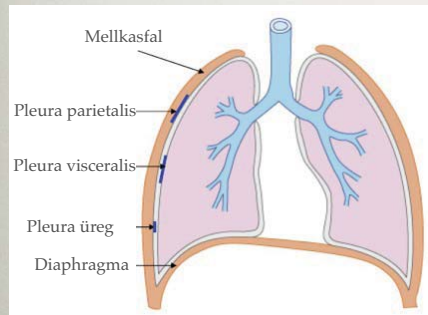
# SZÍVHANGOK ÉS ZÖREJEK

Forrás: mechanikai vibráció (pl., billentyű záródás), turbulens áramlás  
 Vezetődés: vérrrel telt üregek irányába



# LÉGZÉSI HANGOK

**Forrás:** mechanikai rezonancia (orgonasíp), mechanikai vibráció (dörzsölés), buborékáramlás folyadékban



**-pleurális dörzszörej**  
(pleuralemezek közötti súrlódás)

Tracheobronchialis hangok

**-sípolás**  
(légúti obstrukció)

Vésicularis hangok

**-szörcszörej**  
(apró-, közép-, nagyhólyagú; csöveken történő átbuborékolás)  
**-crepitatio**  
(alveolus nyílás-záródás)

## Vezetési zóna

Trachea

Bronchusok

Bronchiolusok

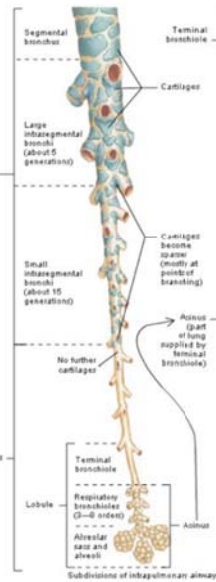
Bronchioli terminales

## Gázcsere zóna

Bronchioli respiratori

Ductus alveolares

Alveolusok



“Az idő lassan elszivárog,  
nem lógok a mesék tején,  
hörpintek valódi világot,  
habzó éggel a tetején.”

József Attila: Ars Poetica (részlet)