

Orvosi Fizika 1.

Miért tanuljunk fizikát ?

**a fizika szerepe az orvostudományban
és a gyógyításban**

Bari Ferenc

egyetemi tanár

**SZTE ÁOK-TTIK Orvosi Fizikai és
Orvosi Informatikai Intézet**

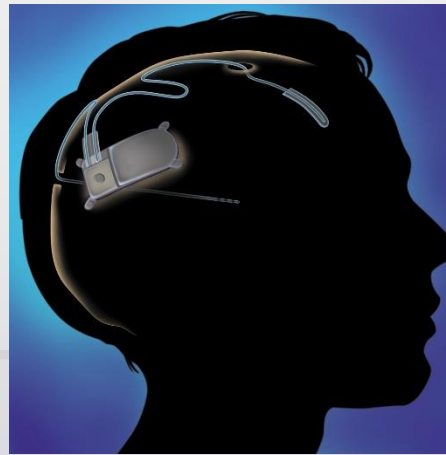
Szeged, 2018. szeptember 3.



TOP 10

CUTTING EDGE

MEDICAL DEVICES



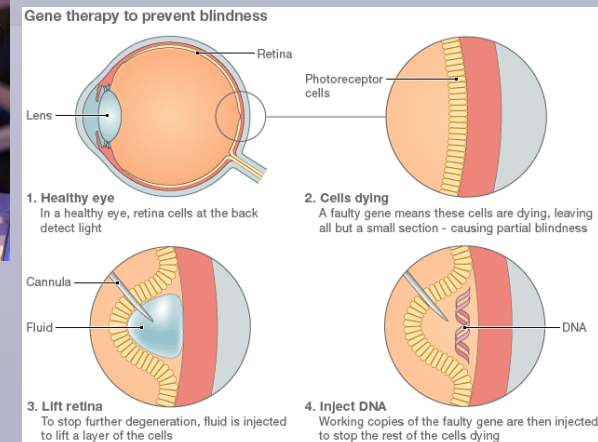
1. New Medical Device Treats Epilepsy With A Well-Timed
2. This *Really* Won't Hurt a Bit: Wireless Sensor Promises Diabetics Noninvasive Blood Sugar Readings

3. Drug Dispensing Contact Lenses Replacing Eye Drops in Glaucoma Treatment?

4. Advances in prosthetic limbs make life easier for amputees



5. Gene therapy could treat blindness.



6. Biomedical vest shows heart-related problem spots



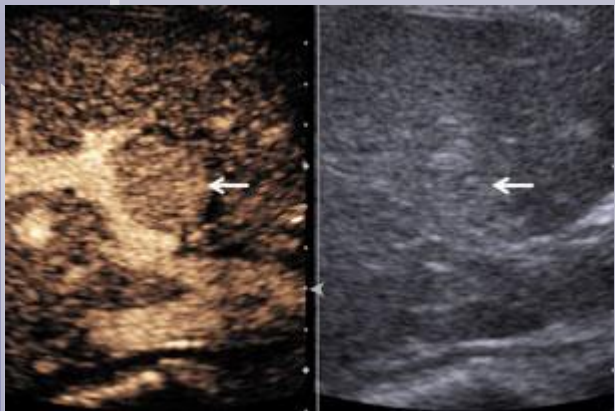
7. A robot helps children stay calm in the hospital.



8. Smoking cessation technology aided by magnetic fields.



9. Upgraded ultrasound treatments help cancer patients



10. Mind-Controlled exoskeleton helps the disabled walk.

A tantárgy helye és szerepe

■ Az életfolyamatok fizikai háttere

(vérkeringés, ideg-ingerület tovaterjedés, légzési gázcsere, látás, hallás stb.)

Minden életjelenségben nyomon követhetők a fizikai törvényszerűségek (mechanika-járás, testtartás, optika: látás, akusztika: hallás, elektromosság: az idegrendszer működése, a szív működése stb).

Aki ismeri a fizikai alaptörvényeket (Ohm törvény, Boyle-Mariotte törvény, Bernoulli egyenlet stb), az meg tudja érteni/tanulni az életfolyamatok mikéntjét



■ Diagnosztikai eljárások/eszközök fizikai háttere

- Aki ismeri a fizikát-hatékonyabban tudja használni a **diagnosztikai eszközöket**, érti a működési elvüket, ismeri a korlátait (képalkotó eljárások, izotópdiaosztika, EKG, ultrahang, stb).
- Együtt tud működni új diagnosztikai eszközök fejlesztésében és tesztelésében

■ Terápiás eszközök-eljárások fizikája

- Aki ismeri a fizikát, jobban tudja alkalmazni a korszerű terápiás eljárásokat és eszközöket (laser sebészet, sugárterápia, protézisek, pacemaker stb),

- **Aki ismeri a fizikát abból könnyebben lehet jó orvos,**
- **(ill. 2. éves orvostanhallgató)**

Az orvoslás része a fizikai ismeretek felhasználása

A diagnózis többnyire fizikai módszereken alapul (a kémiai mérések egy része is)
hallgatóság, kopogtatás (a szervezet belső jeleinek elemzése/
gerjesztések és válaszok elemzése)

Műszeres diagnosztika –

morfológiai (anatómiai) eltérések (nem ott, nem az, kisebb, nagyobb stb.)
funkcionális vizsgálatok (metabolizmus, mozgások dinamikája stb.)

Monitorozás-

életfolyamatok (műtő, intenzív osztály, rehabilitáció, krónikus betegségek,
ma már telemedicina)

Terápiás beavatkozások

biostimuláció, roncsolás (minél szelektívebb, annál jobb)
lézer, röntgen vagy magsugárzások

Palliatív beavatkozások (amikor gyógyítani nem, de pl. fájdalmat csökkenteni lehet)

Wilhelm Röntgen, Würzburg



1895 – Bejelenti a X- sugárzás felfedezését)

1896 január 13– egy beteg kezébe szúrt szög képe
az X-sugárzást a műtét előtt használják

1901 – az első fizikai Nobel díjas

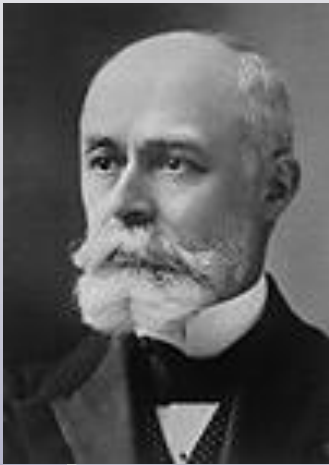
(az Rtg sugarak felfedezéséért és
hasznosításáért)

Prof. Dr. W. Röntgen



Röntgen
feleségének
kezéről
készült
felvétel 1895.

Ugyanakkor a természetes radioaktivitás felfedezése



**Antoine
Henri
Becquerel**



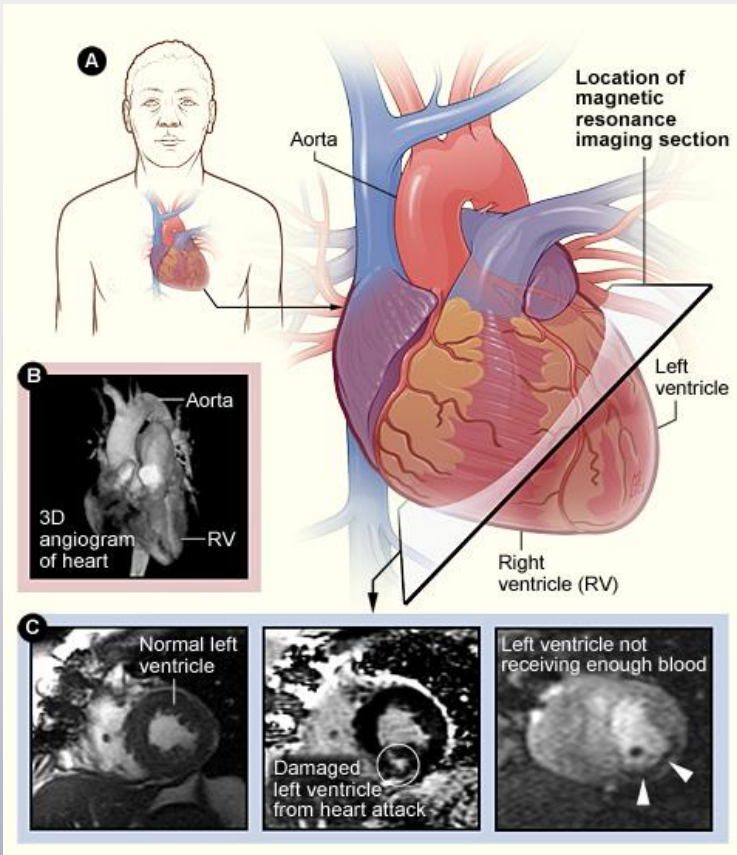
Pierre Curie



**Marie Curie,
née Skłodowska**

Polonium és Radium

Modern képalkotó eljárások-mozgó szív leképezése



Előadások

Fizika-előadások

hétfő, 8:00 – 9:30

TIK előadóterme

Előadások

A fizika-előadások látogatása nyomatékosan javasolt.

- Az előadásokon történő részvételt *rendszeresen ellenőrizzük*,
- mindegyik hallgató esetén *három véletlenszerűen kiválasztott alkalommal dokumentáljuk a jelenléte*,
- a dokumentált jelenlétek számának megfelelően *az év végi vizsga pontszámhoz 0–3 bónuszpont adódik hozzá*.
- A jelenléti listákra történő feliratkozáshoz a *személy-azonosság igazolására alkalmas fényképes igazolvány szükséges*.

Szemináriumok és gyakorlatok

A szemináriumok feladata az előadásokon elhangzottak megbeszélése és a kérdések tisztázása.

A laboratóriumi mérések előkészítik az élettani jelenségek tanulmányozását, és modelleken keresztül az orvosi gyakorlatban felhasznált fizikai jelenségek és módszerek közvetlen megismerését szolgálják.

Szemináriumok és gyakorlatok

Heti váltásban kéthetente
(6×2 + 2×1 csoportban, lásd az órarendet)

Ezen a héten
gyakorlattal kezdenek a következő csoportok:

1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 14,

szemináriummal kezdenek a következő csoportok:

2, 4, 6, 8, 10, 12.

Orvosi informatikai alapismeretek

Nyomatékosan javasoljuk az intézetünk által meghirdetett, kötelezően választható

„Orvosi informatikai alapismeretek”

kurzus felvételét.

- heti 1+2 óra (előadás+gyakorlat), kurzuskód: AOK-KA081/KA082
- 3 kreditpont,
- a fizikagyakorlatokon szükséges informatikai ismeretek átadása,
- a félév során írt két dolgozat alapján gyakorlati jeggyel zárul,
- független a fizikavizsgától.

Évközi számonkérés

- A 3. oktatási héttől kezdve a hallgatók fölkészültségét minden laboratóriumi gyakorlat és szeminárium elején ellenőrizzük egy rövid teszt formájában.
- A tesztek feleletválasztós kérdésekből (1 helyes és 4 helytelen válasz), illetve egyszerű számolós feladatokból épülnek fel.

Évközi számonkérések – szemináriumok –

- A *szemináriumi tesztek* alapja az előző szemináriumon tárgyalt tananyag, a hangsúlyt a közzétett mintakérdésekre helyezve.
- Minden szemináriumi teszt 3 db 1 pontot érő egyszeres választásos kérdésből, valamint egy 2 pontot érő számításos feladatból áll.

Évközi számonkérések – gyakorlatok –

- A *gyakorlati teszt* egyrészt az aznap elvégzendő laboratóriumi gyakorlat elméleti anyagára, másrészt az összes addigi gyakorlat elméleti anyagára ÉS gyakorlati megfigyeléseire, tapasztalataira, eszköztárára kérdez rá.
- Egy-egy laboratóriumi gyakorlati teszt 3 db 1 pontot érő egyszeres választásos kérdésből áll.
- A félév végén a gyakorlati készségek elsajátításáról a hallgatók 10 pontos gyakorlati dolgozat formájában adnak számot.

A félév végi aláírás feltételei a szemináriumok/gyakorlatok esetén

A szemináriumi/gyakorlati félév végi aláírás megszerzésének, és ezáltal a vizsgára bocsáthatóságnak a feltételei:

- a szemináriumi és laboratóriumi összpontszámok (25–25 pont) *külön-külön több mint 20%-ának (legalább 6–6 pont) megszerzése*, ennek hiányában a hallgatónak pótdolgozatot kell írnia a nem teljesített részből,
- a félév *összes gyakorlatának teljesítése*, az esetlegesen elmulasztott gyakorlatok bepótlása,
- a szemináriumvezető jóváhagyása a *szemináriumi munka elfogadásáról*.

Év végi vizsga

A vizsga formája

A hallgatók a szemeszter végén számítógépes tesztvizsgát tesznek a Coospace rendszerben, amely feleletválasztós tesztkérdésekből, valamint kis részben számolósos feladatokból áll, mely utóbbiaknál közvetlenül a számértéket kell megadni.

Év végi vizsga

A vizsgakérdések száma

- 40 kérdés → 40 vizsgapont

A vizsgán használható segédeszközök

- íróeszköz, számológép
- más elektronikus eszköz (pl. mobiltelefon) használata még számológépként sem engedélyezett.

Időtartam

- 50 perc

Vizsgapontok

A vizsgán megszerezhető pontokhoz hozzáadódnak az évközi szemináriumi és gyakorlati munka alapján megszerzett további pontok, valamint az esetleges bónuszpontok a jelenléti ellenőrzések és a szemináriumi munka alapján.

- **5 vizsgapont** a szemináriumi dolgozatok alapján (lásd később)
- **5 vizsgapont** a gyakorlati dolgozatok alapján (lásd később)
- **1 bónuszpont** a kiemelkedő szemináriumi munkáért
- **0–3 bónuszpont** a véletlenszerű katalógusok alapján
- **40 vizsgapont** a vizsgakérdésekből

évközi munka

vizsga-
eredmény

= összesen maximum **50 + 4 vizsgapont**

Vizsgapontok

A szemináriumi és gyakorlati pontszám átszámítása vizsgapontokká: _____

- 0–5 szemináriumi/gyakorlati pont: pótdolgozat-írási kötelezettség
- 6–8 szemináriumi/gyakorlati pont: 0 vizsgapont
- 9–11 szemináriumi/gyakorlati pont: 1 vizsgapont
- 12–15 szemináriumi/gyakorlati pont: 2 vizsgapont
- 16–19 szemináriumi/gyakorlati pont: 3 vizsgapont
- 20–22 szemináriumi/gyakorlati pont: 4 vizsgapont
- 23–25 szemináriumi/gyakorlati pont: 5 vizsgapont

A fizikavizsga ponthatárai:

- 0–25 vizsgapont: elégtelen (1)
- 26–30 vizsgapont: elégséges (2)
- 31–35 vizsgapont: közepes (3)
- 36–40 vizsgapont: jó (4)
- 41–50 vizsgapont: jeles (5)

Kötelező és ajánlott irodalom

- Előadásdiák, gyakorlati segédanyagok
- Damjanovich, S. – Fidy, J. – Szöllősi, J. (szerk.) Orvosi biofizika. Medicina Kiadó, 2006.
- Maróti Péter – Laczkó Gábor: Bevezetés a biofizikába. JATEPress, Szeged, 2005.
- Rácz, Tomcsányi, Varga, Gulyás: Ennyit kellene tudnod - Fizika. Panem Kft, 1999.
- Paul Davidovits: Physics in Biology and Medicine. Fourth edition. Academic Press, 2013. *(angol nyelven)*

További hasznos információk

- A szemináriumi és gyakorlati tesztek megírásához szükség lesz a hozzáférési adatokra a Coospace rendszerhez (felhasználói név, jelszó).
- A segédanyagokat a Coospace rendszer megfelelő szintereire, valamint részben az Orvosi Fizikai és Orvosi Informatikai Intézet honlapjára (www2.szote.u-szeged.hu/dmi) töltjük fel.
- Az egyetemi épületekben elérhető Eduroam wifi-rendszerhez történő hozzáférésről az eduroam.bibl.u-szeged.hu/index.hu.html címen található tájékoztató.

Néhány szó az intézeti honlapról:

The screenshot shows the website of the Institute of Medical Physics and Medical Informatics (ORVOSI FIZIKAI ÉS ORVOSI INFORMATIKAI INTÉZET) at Szeged University. The page features a dark header with the institute's name and a search bar. Below the header is a navigation menu with options like 'Kezdőlap', 'Az Intézet', 'Oktatás', 'Kutatás', and 'Hírek'. The main content area is titled 'Oktatás' and contains a paragraph of text in Hungarian, partially obscured by a sidebar. The sidebar on the left includes sections for 'FRISS HÍREK' (Recent News) with several news items, 'HASZNOS LINKEK' (Useful Links) with a list of links, and 'ESZKÖZÖK' (Tools) with a link for 'Sebességmérés'. On the right side, there is a language selector for '[English version]', a photo of three men shaking hands, and a 'BELÉPÉS' (Login) form with fields for 'Felhasználónév' (Username) and 'Jelszó' (Password), along with a 'BEJELENKEZÉS' (Login) button. Below the login form is a section titled 'KI OLVAS MINKET?' (Who is reading us?) showing 'Oldalainkat 14 vendég és 2 tag böngészi'.

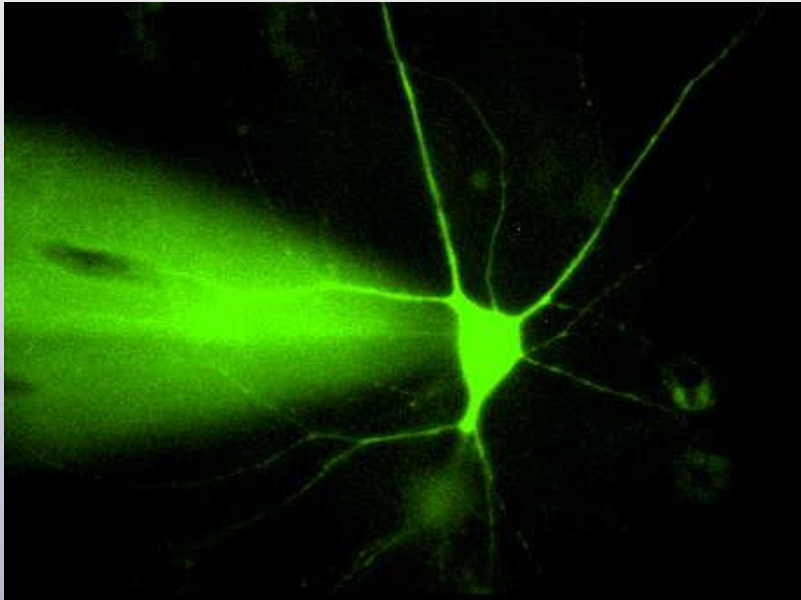
Felhasználónév: stud
Jelszó: zsiraf

<http://www3.szote.u-szeged.hu/dmi/>

Az orvosi fizika oktatásának célja 1.

- Az életjelenségek fizikai alapjainak megértése
- Pl. Bioelektromosság-a sejtek elektromos állapota változó-hiper- és depolarizáló hatások
- Ingerlékeny szövetek (ideg, izom)

A sejtmembránok ioncsatornáinak vizsgálata „folt zárásos” (patch clamp) technikával



A regisztrált csatorna-áramok pA nagyságrendűek (piko - 10^{-12})

Mekkora töltés ez, ha a kapu 2 ms ideig van nyitva ?

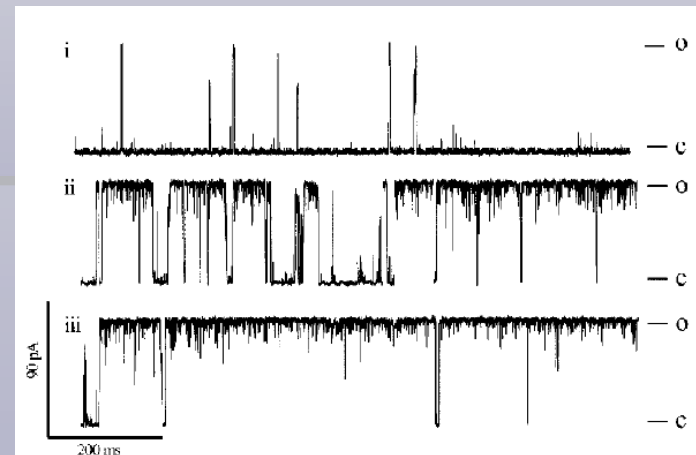
$$Q = I \cdot t \quad (2 \text{ pA} \cdot 2 \text{ ms}) = 4 \cdot 10^{-15} \text{ As}$$

Egy coulomb (C) az a töltés mennyiség, amely 1 A áramerősség esetén (1 s) alatt átfolyik a vezetőn (csatornán)

$$1 \text{ C} = 6,2 \times 10^{18} \text{ elemi töltés}$$

Egy csatornán tehát $\sim 24 \cdot 10^3 \sim 2,4 \cdot 10^4$ töltés áramlott át

Ha ez Na^+ akkor ennyi ion, ha Ca^{2+} ez akkor a fele!



Apropó.. mértékgységek

- első mértékegységek
- C. Huygens XVII sz. természeti állandók
- Párizsi akadémia 1791
 - hosszúság – méter
 - tömeg – kilogramm
 - idő – másodperc
- C. F. Gauss 1832 – egyetemes mértékegység rendszer
- Párizs 1875 nemzetközi mértékegyezmény
- mértékegységrendszerek MKSA, cgsA

Párizs 1960

Általános Súly-és Mértékügyi Értekezéslet

- SI rendszer születése
 - általános metrológiai definíciók
 - alap és kiegészítő egységek definiálása
 - prefixumok meghatározása

SI előnyei

- összehangolt (koherens)
- számítási egyenletek egyszerűek
- megkönnyíti a tudományos – gazdasági összehasonlítást
- egyetemes
- megtartott korábban alkalmazott egységeket
- tömeg és erő szétválasztása
- ellentmondásmentes

A mennyiség			Az SI egység	
neve	jele	dimenzió jele	neve	jele
hosszúság	l	L	méter	m
tömeg	m	M	kilogramm	kg
idő	t	T	másodperc	s
áramerősség	I	I	amper	A
hőmérséklet	T	Θ	kelvin	K
anyagmennyiség	n	N	mól	mol
fényerősség	I_v	J	candela	cd

A mennyiség			Az SI egység	
neve	jele	dimenzió jele	neve	jele
síkszög	α, β	1	radián	rad
térszög	Ω	1	szteradián	sr

Ezzel szemben az orvoslásban számos tradicionális mértékegységet (Hgmm, liter [L], H₂Ocm stb.) megtartottak - sok zavar forrása - sajnos! NE MINŐSÍTSÜK

többszörös prefixumok

deka	da	10
hekto	ha	10^2
kilo	k	10^3
mega	M	10^6
giga	G	10^9
tera	T	10^{12}
peta	P	10^{15}
exa	E	10^{18}
zeta	Z	10^{21}
yotta	Y	10^{24}

törtrész prefixumok

deci	d	10^{-1}
centi	c	10^{-2}
mili	m	10^{-3}
mikro	μ	10^{-6}
nano	n	10^{-9}
piko	p	10^{-12}
femto	f	10^{-15}
atto	a	10^{-18}
zepto	z	10^{-21}
yocto	y	10^{-24}

$$1 \text{ kB} = 1024 \text{ byte} = 2^{10} \text{ byte} = 1 \text{ kiB (kibibyte)}$$

$$1 \text{ MB} = 1024 \text{ kbyte} = 2^{20} \text{ byte} = 1 \text{ MiB (mebibyte)}$$

$$1 \text{ GB} = 1024 \text{ Mbyte} = 2^{30} \text{ byte} = 1 \text{ GiB (gibibyte)}$$

$$1 \text{ TB} = 1024 \text{ Gbyte} = 2^{40} \text{ byte} = 1 \text{ TiB (tebibyte)}$$

Az orvosi fizika oktatásának célja 2.

- A diagnosztikus eszközök működési elvének megértése (akár új eszközök konstruálása) életjelenségek fizikai alapjainak ismerete révén

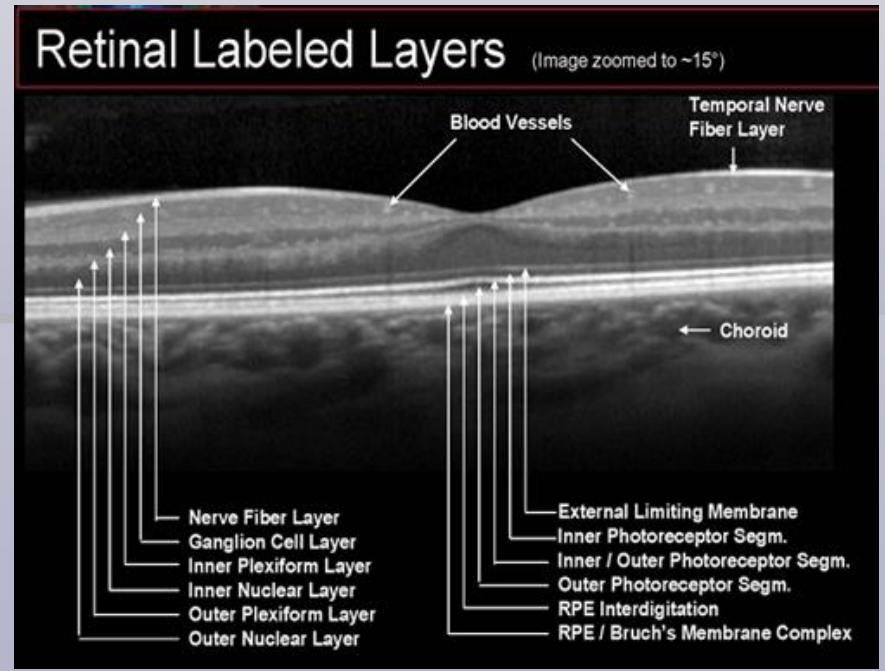
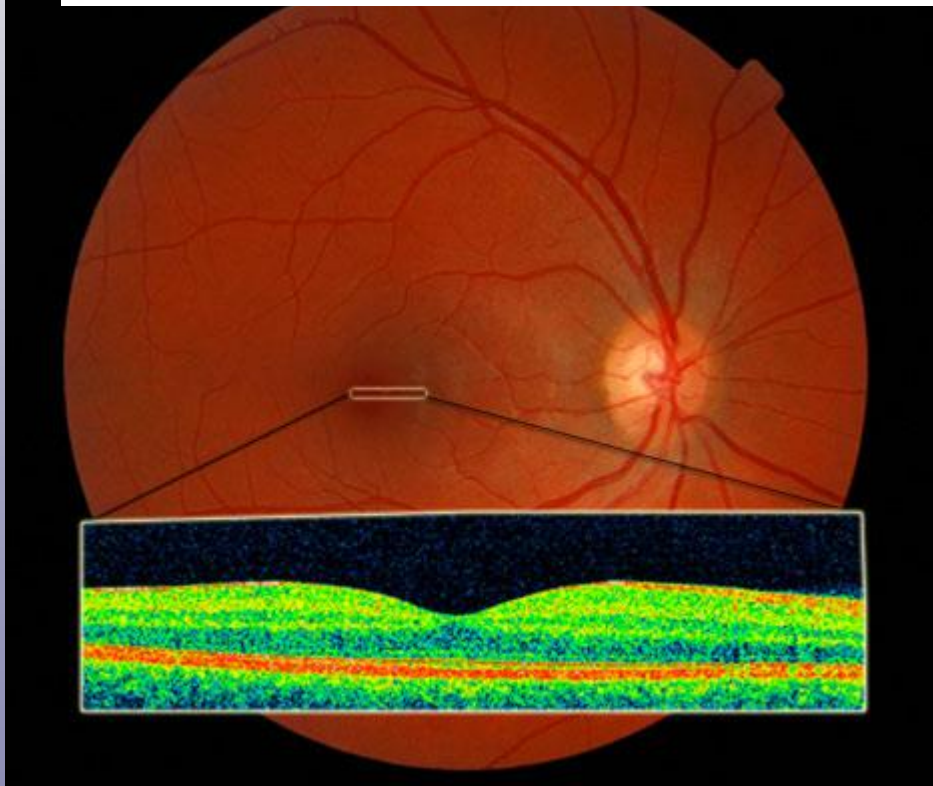
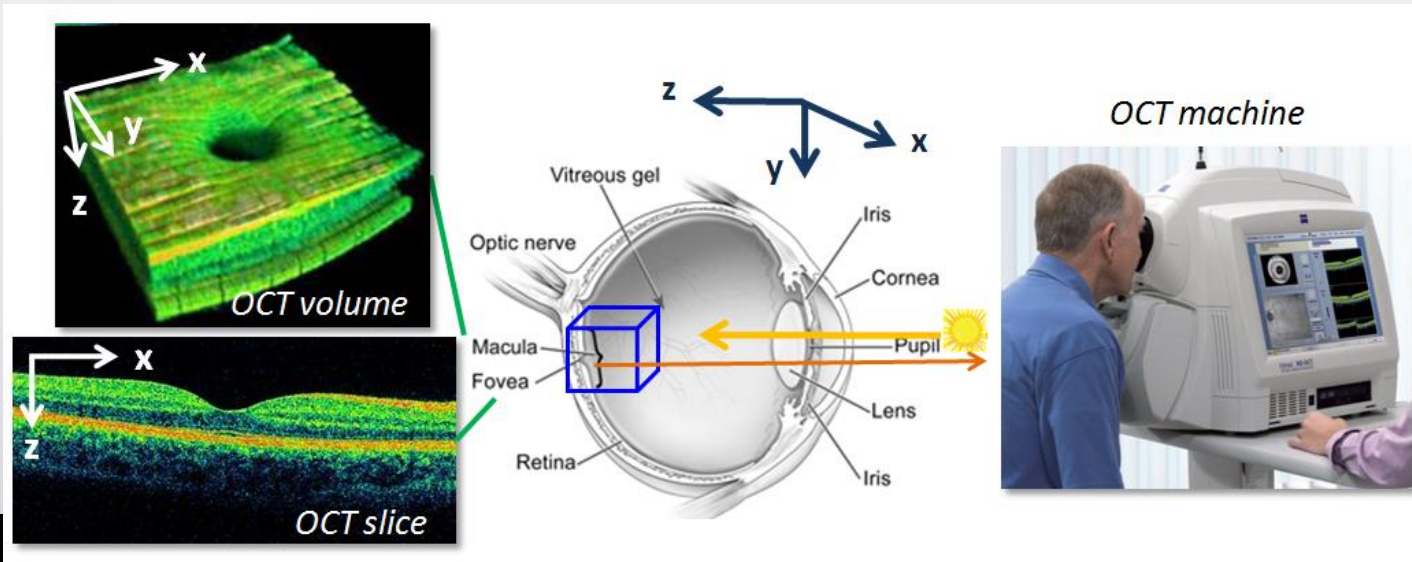
EKG, EEG, EMG az életjelenségekhez kapcsolódó elektromos jelek elemzése
Mozgások analízise (légzés, gyomor-bél- uterus)
Képképző eljárások (ultrahang, Rtg, CT, MRI, CPECT, PET, biomikroszkópia)

<http://www.youtube.com/watch?v=IQRpgzMn8UU>

Orvosi képalkotó eszközök működésének megértése (*in vivo* diagnosis)

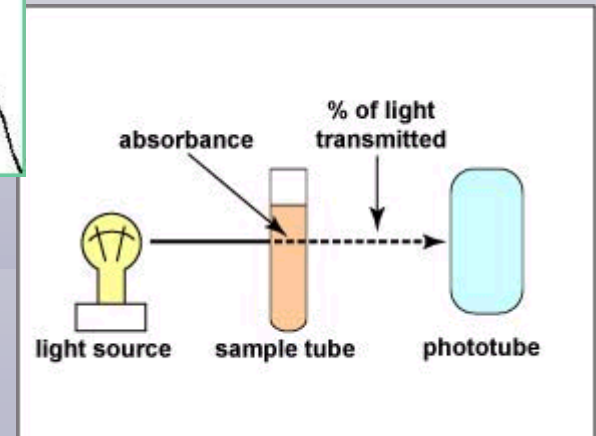
- Hagyományos röntgen
- Computer Tomográfia (CT)
- Ultrahang (USI), Doppleres eljárások
- Mágneses rezonancia imaging (MRI)
- Radionuclid imaging (nucleáris medicina)
- Biomikroszkópia (UH, optikai koherencia tomográfia)
- Thermográfia
- stb





Orvosi laboratóriumi eszközök (*in vitro* diagnózis)

- Minta elválasztás, centrifugálás stb
- elektroforézis, kapilláris elektroforézis
- pH mérés
- Sejtek / sejtalkotók számlálása
- spektrofotométerek
- Áramlásos citometria
- mikroszkópia
- HPLC (nagynyomású folyadék kromatográfia)
- Klinikai kémia
- hematológia
- immunológia
- Scintillációs rendszerek
- Genetikai analízis



Élettani folyamatokmérése/mérőműszerei (*in vivo* diagnózis)

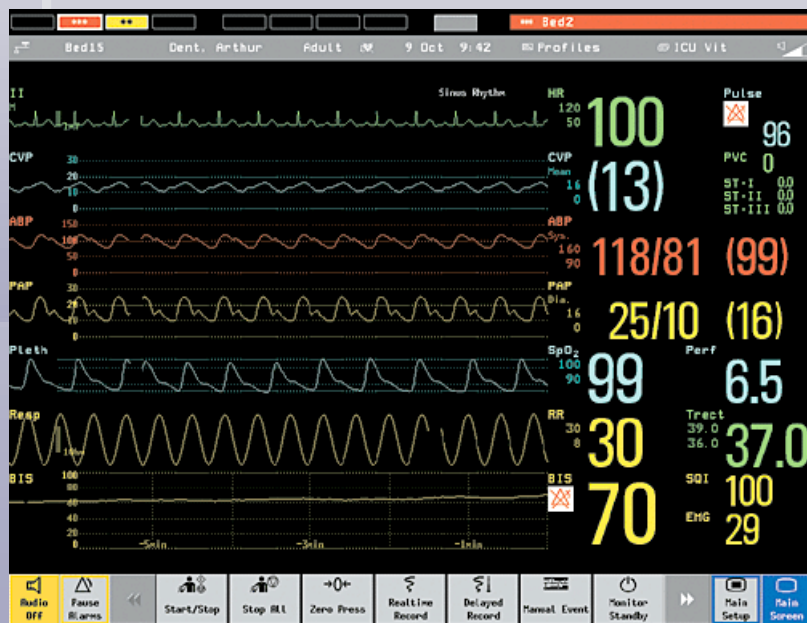
- Fizikai/kémiai változók mérése *in vivo*
- Hőmérők
- Kardiovaszkuláris élettan:
 vérnyomás monitorok, áramlásmérők,
 ultrahangos eszközök
- Elektrofiziológia : ECG, EEG, EMG
- Audiológia and szemészet
- A légzőrendszer élettana és kórtana
 spirométerek, pulse oximetria, impedancia
 pneumográfia.
- Endoszkópok



EKG



Measuring lung capacity using a spirometer.



Több funkciójú beteg monitor

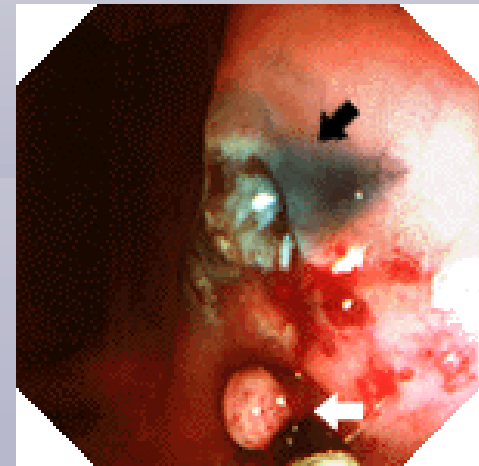
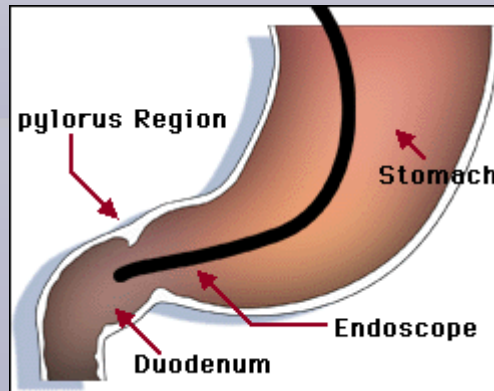
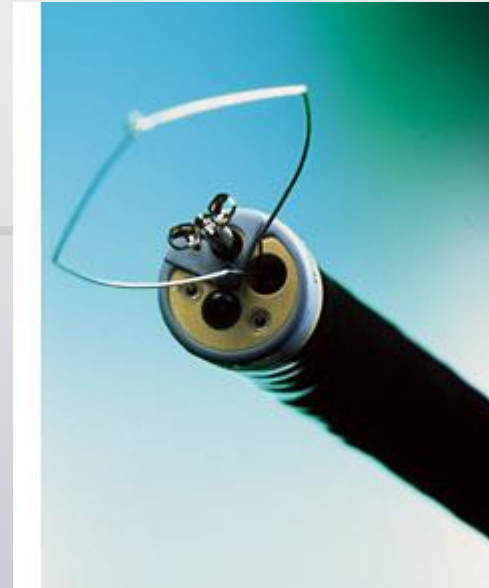


Sphygmomanometer/higanyos vérnyomás mérő 37

Gyermekgyógyászati intenzív osztály



Endoszkópia



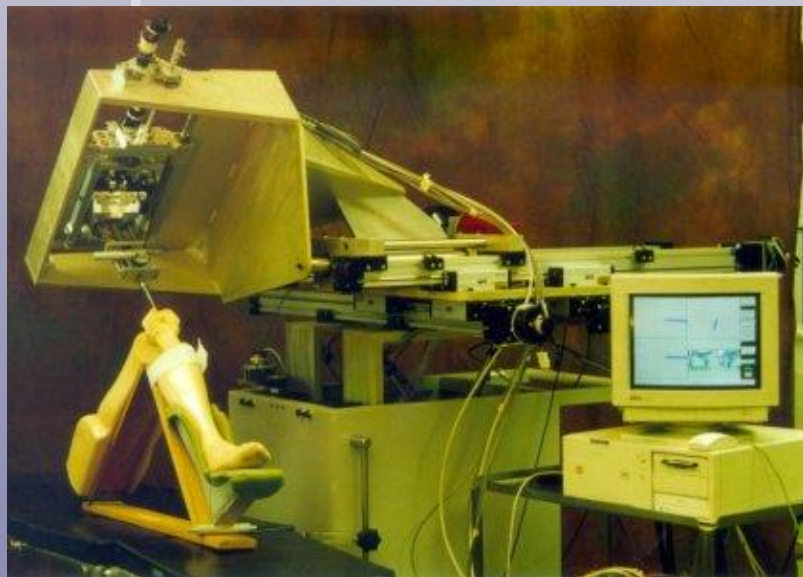
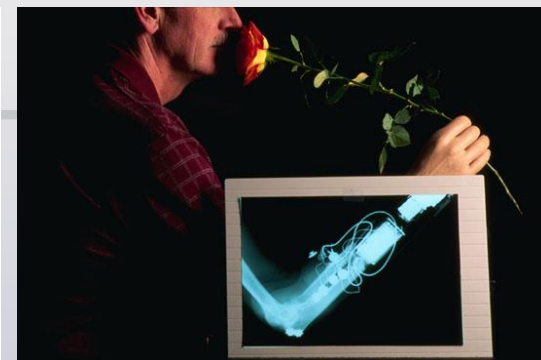
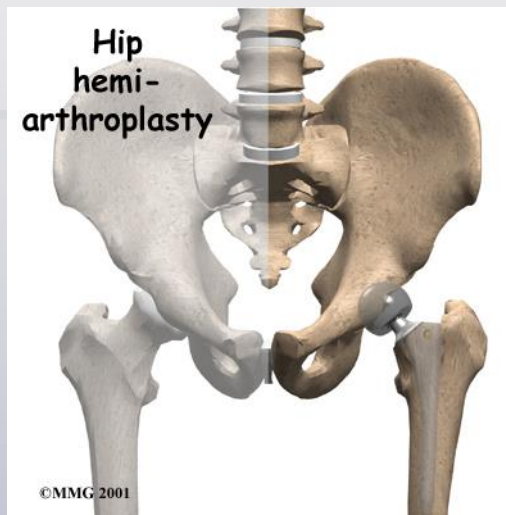
Műtőbeli eszközök



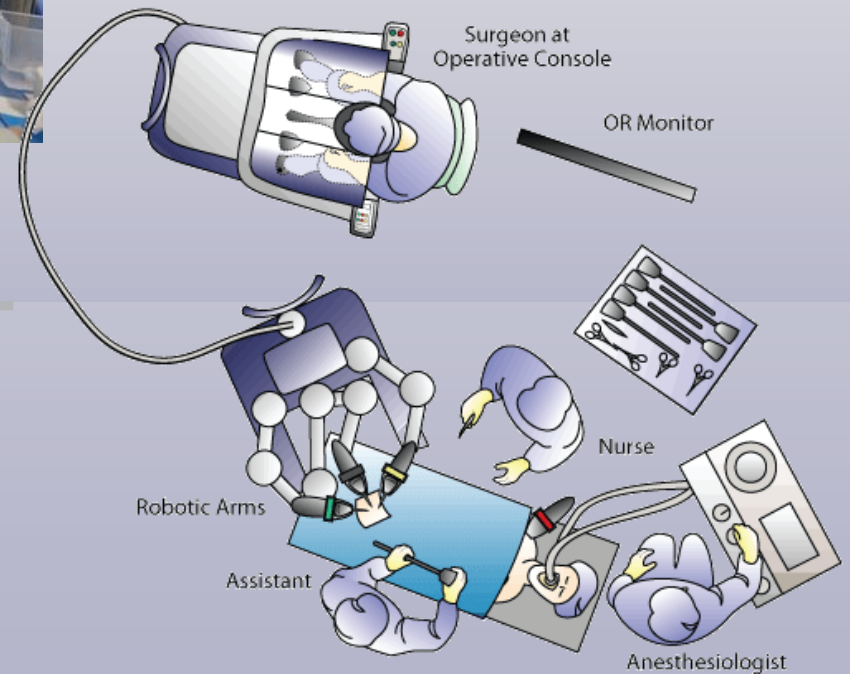
Kézi és majdnem kézi eszközök



Implantátumok és szerv/szövet pótlások



Sebészeti robotok



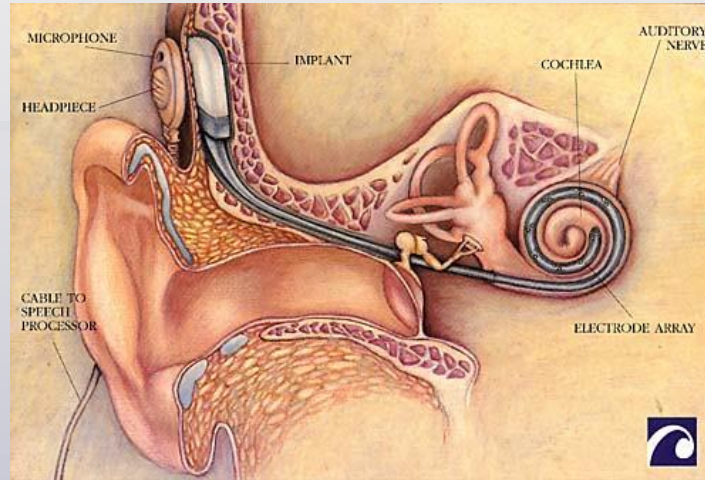
Sebészi robotok – robot sebészet

2018. 09. 27.

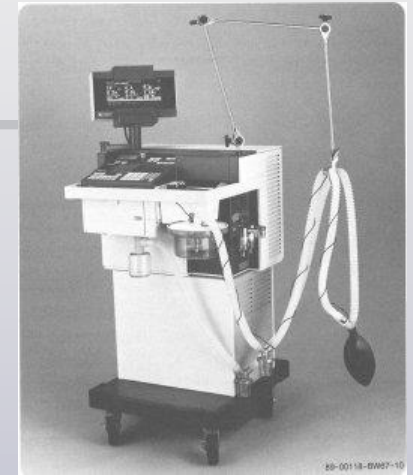
Mesterséges szervek



Mesterséges szív

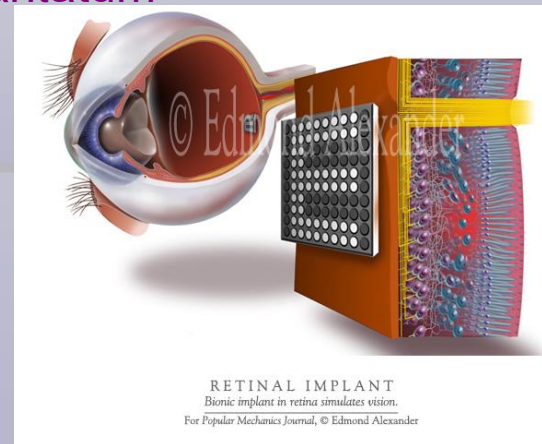
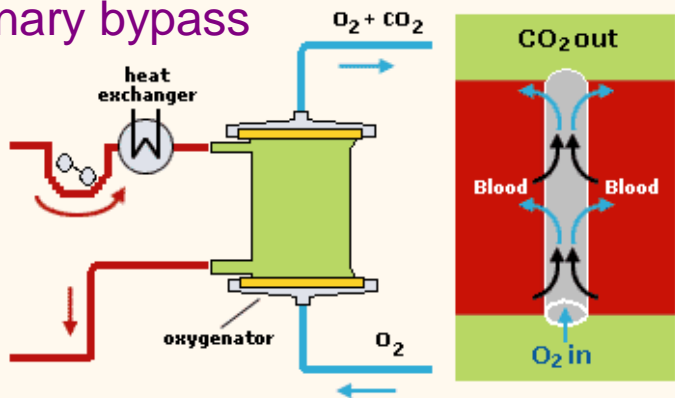


Cochlearis implantátum



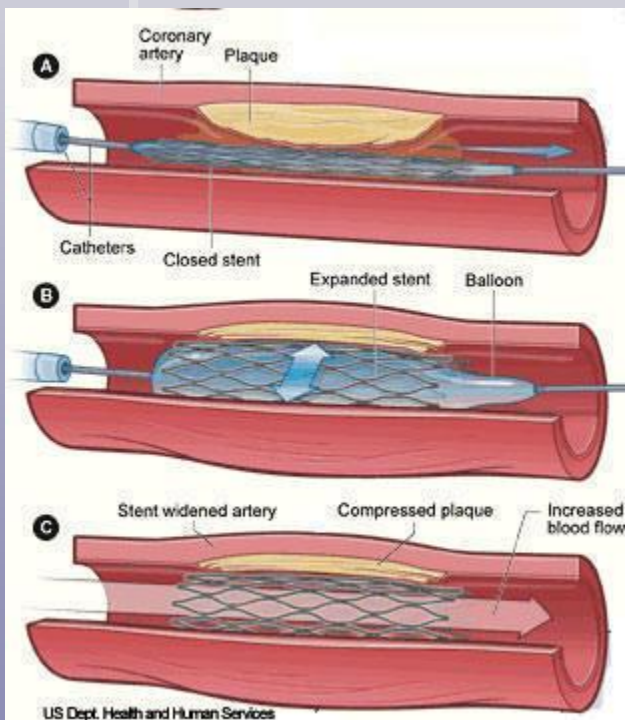
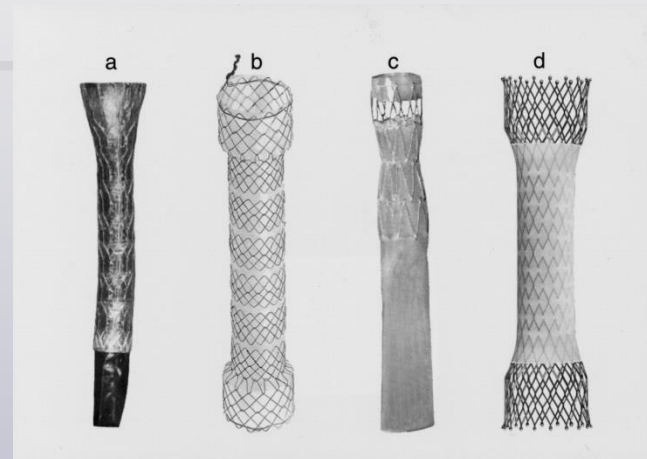
Ventilator

Cardiopulmonary bypass

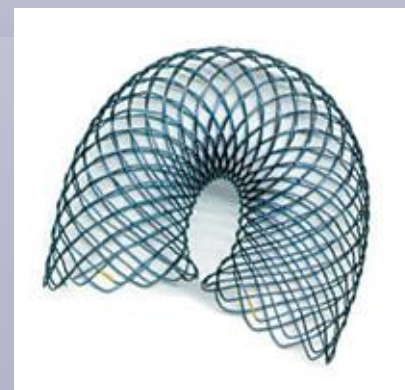


Retinális implantátum

érstabilizátorok



■ Szentek.



Tehát az orvosi fizika többek között:

- Az elektromos és mágneses terek
- A sugárzás
- A szupravezetők
- A lézerek
- Az akusztika
- Az optika
- A mikroelektronika
- A számítástechnika
- A jelfeldolgozás tudománya

Van olyan ága az orvoslásnak amelyik nem használ fizikát?

Mit is tanultunk eddig?

- Ahhoz, hogy az életjelenségeket megértsük,
- hogy a diagnosztika elveit, műszereit értsük és ismerjük,
- A terápiás lehetőségeket és módszereket ismerjük és használni tudjuk
- SOK FIZIKÁT KELL TANULNI (ÉS TUDNI) –

nosza, kalandra fel!!!

Miről lesz ma még szó ?

- Mechanika összefoglaló (középiskolás tananyag néhány orvosi vonatkozással)
- A pontszerű testek mechanikája
 - Vonatkoztatási rendszerek
 - Mozgások leírása, mozgásegyenletek
 - Erők
 - Merev testek
 - Deformálható testek
 - Munka, teljesítmény

Pontszerű testek mechanikája

Minden test helyzete és ennek kapcsán mozgása is csak más testekhez viszonyítva jellemezhető, minden mozgás relatív, viszonylagos. Ha egy test mozgását le akarjuk írni elsőként választanunk kell egy (több) másik testet, amely(ek)hez a mozgást viszonyítjuk, ezt (ezeket) a teste(ke)t **vonatkoztatási rendszernek** nevezzük. Vonatkoztatási-koordináta **koordináta rendszert** rögzítünk és ebben határozzuk meg a mozgó test helyzetét

Koordinátarendszerben: a tér pontjainak helyzetét számszerűen jellemezhetők (mértékegységek)

A tér dimenziószáma: a tér egy pontja helyének egyértelmű megadásához szükséges lineárisan független adatok száma

0-dimenziós tér – pont

1-dimenziós tér – vonal $[x]$

2-dimenziós tér – felület $[x,y]$, $[r,j]$

3-dimenziós tér – térfogat $[x,y,z]$, $[r,j,z]$, $[r,J,j]$

...

n-dimenziós tér – hipertér $[x^1, x^2, x^3, \dots, x^n]$ (nem kell megjedni, de az absztrakt gondolkodáshoz nem rossz gondolni rá)

Speciális koordináta-rendszerek

2 dimenzióban:

Derékszögű (Descartes-féle)
koordináta-rendszer - $[x,y]$

Síkbeli polár-koordináta rendszer - $[r,j]$

3 dimenzióban:

Derékszögű (Descartes-féle)
koordináta-rendszer - $[x,y,z]$

Henger koordináta-rendszer - $[r,j,z]$

Térbeli polár-koordináta-rendszer - $[r,J,j]$

Hol van ennek szerepe az orvoslásban?

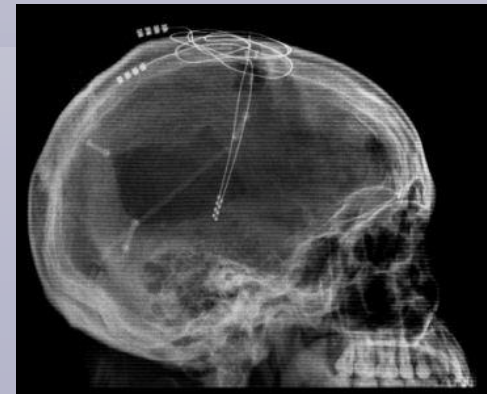
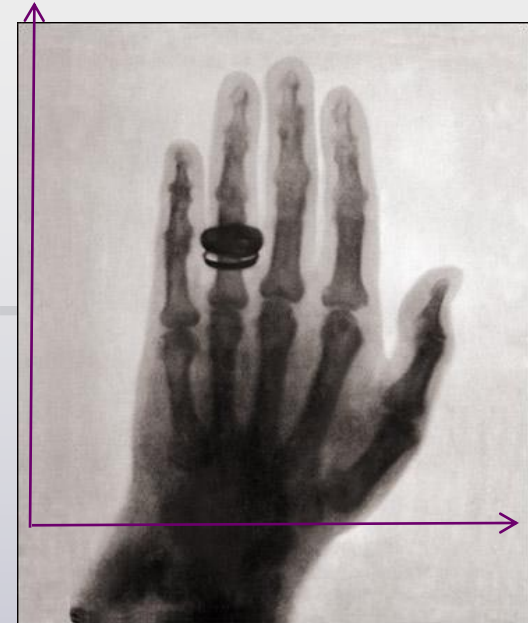
A klasszikus Röntgen képek a 3 dimenziós test/testrész 2 dimenziós vetületei

A korszerű képalkotás során 2 dimenzióból rekonstruálunk 3 dimenziós képeket

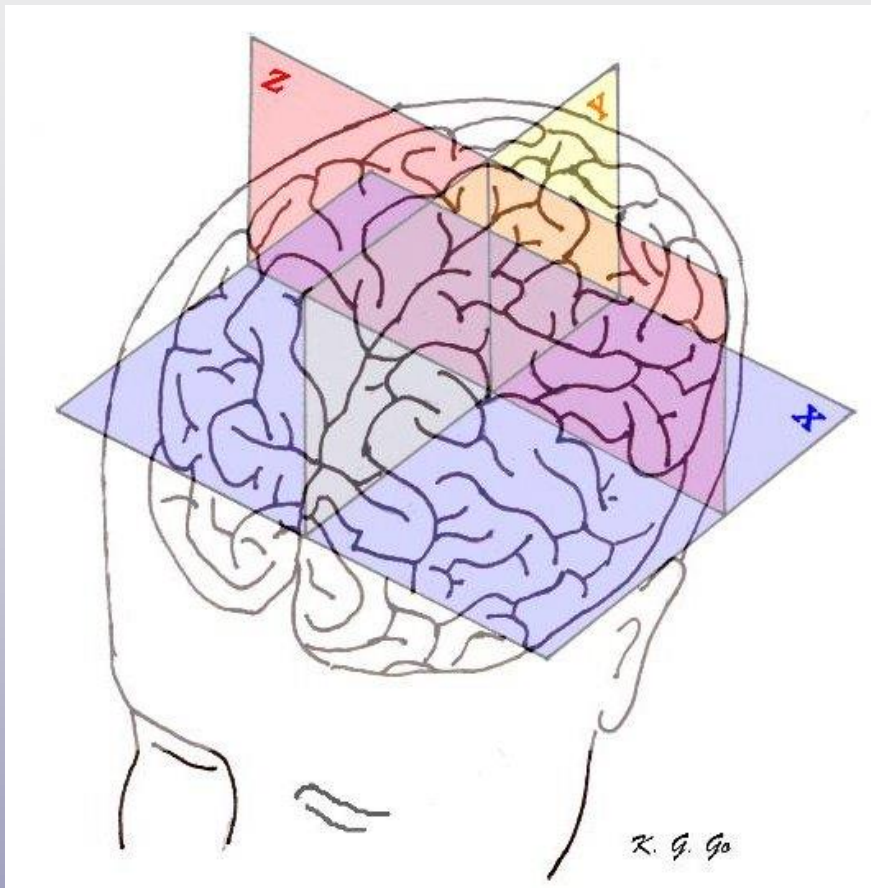
Idegsebészeti beavatkozások,
Sugárterápiás eljárások esetében (gamma kés)
Basalis ganglion stimuláció – Parkinson kór

mikor használunk polár koordináta rendszer?

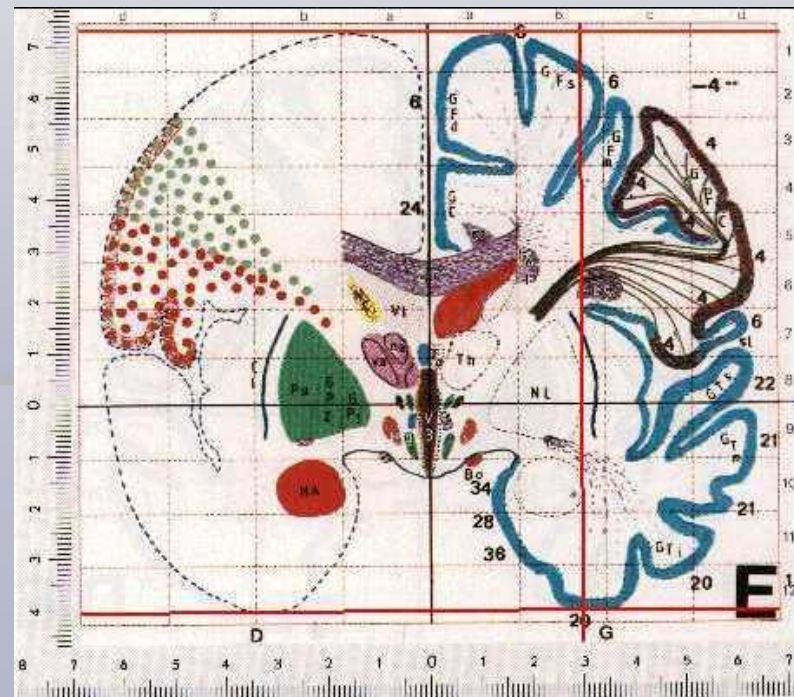
Pl. a látás vizsgálatánál



Sztereotaxiális koordinátarendszer



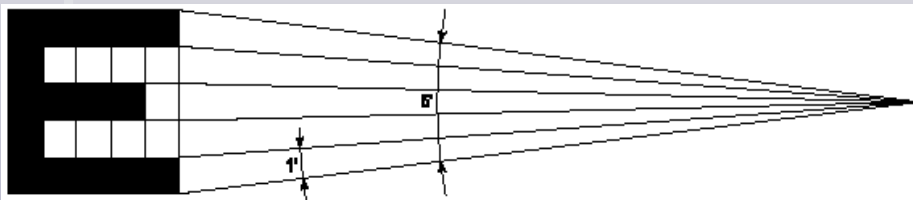
Post mortem metszetképek
Átlagosnak tekintett, egészséges
60 éves férfi
Könyv formában
1983
Talairach-féle koordináta rendszer



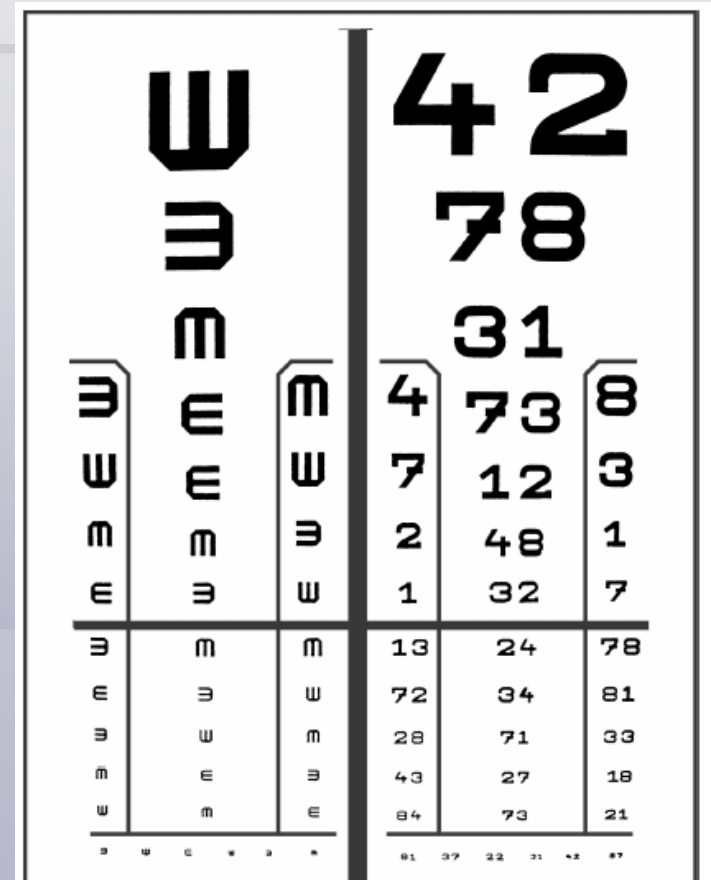
- rendszer fő tengelye az agy két jellegzetes struktúráját, az első és a hátsó komisszurát (commissura anterior - commissura posterior) összekötő tengely (y tengely), melyre merőlegesen helyezkedik el a rendszer két másik fő tengelye (x és z). Az egyes agyi struktúrák helye megadható mm-ben vagy az agyra illesztett térháló elemeinek koordinátaival (pl. E-8-c).

A látásélesség vizsgálata

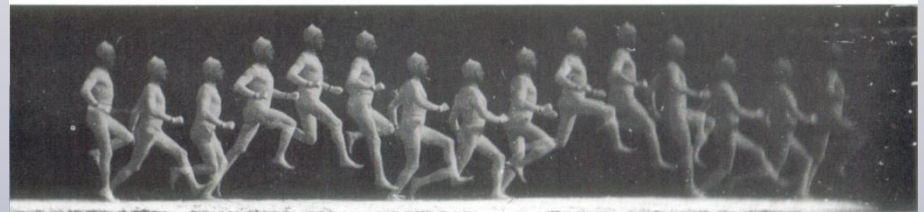
Kettesy-féle visustábla



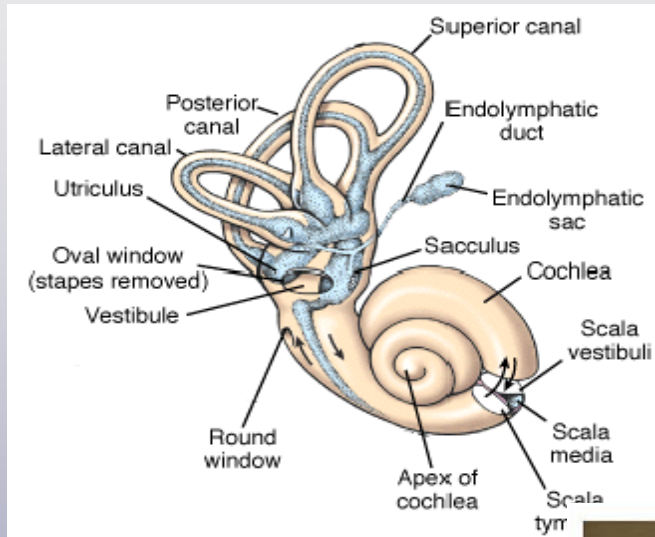
a felső részei 50 méter távolságból,
az alsó részei 5 méter távolságból 1' látószögűek



Korai mozgásanalízis fotográfia segítségével (Etienne Jules Marey 1830-1904)



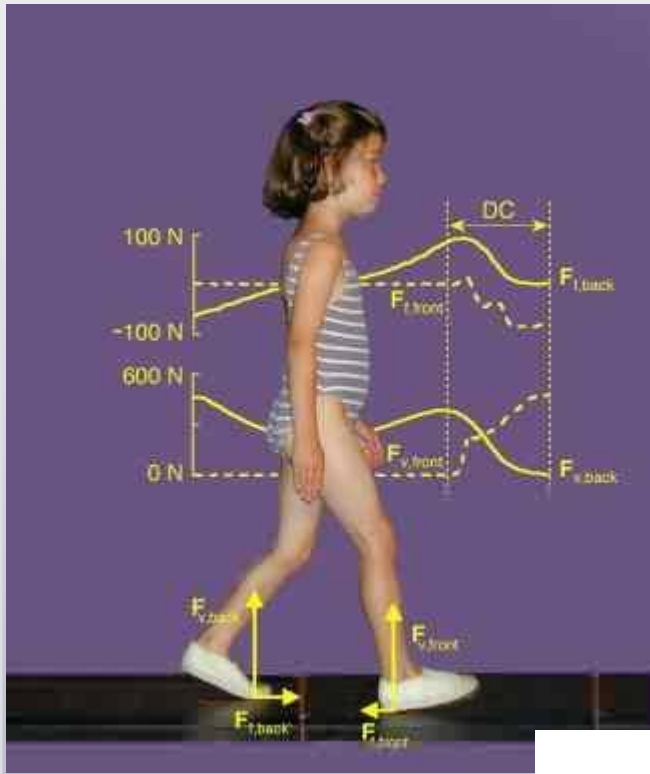
- A félkörös ívjáratok érzékelik a fej elfordulás sebességét (gyorsulását)



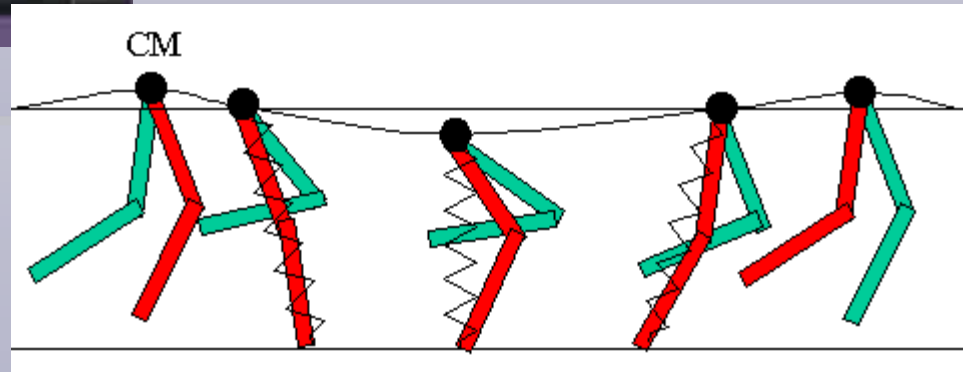
Egyensúlyozás szerve
(vestibularis rendszer)

Hallás szerve:
csiga (cochlea)





A járás- futás során az emberi test egyes pontjai nem egyenes mentén Mozognak
 Munkavégzés (fel-le, gyorsítás +/-)
 A mozgások leírása- analízise segíti az egyes mozgási hibák korrekcióját



A mechanika (dinamika) alaptörvényei:

Newton I. törvénye:

minden test megtartja nyugalmi állapotát, vagy egyenes vonalú egyenletes mozgását, ha annak megváltoztatására más test kölcsönhatása nem kényszeríti. Ezt a hatást erőhatásnak, vagy **erőnek** nevezzük.

A törvény a **tehetetlenség törvénye**.

Newton II. törvénye:

Az erő és az általa okozott gyorsulás egyenesen arányos egymással, az arányossági tényező a test tömege. $\mathbf{F} = m\mathbf{a}$ ahol m a test tömege.

Newton III. törvénye:

hatás- ellenhatás törvénye. Ha egy test erővel hat egy másikra, akkor a másik ugyanakkora abszolút értékű, azonos hatásvonalú, de ellentétes irányú erővel hat rá.

$$\mathbf{F}_{1,2} = -\mathbf{F}_{2,1}$$

„**Newton IV. törvénye**”: erőhatások függetlenségének az elve. Ha egy testre egyszerre több erő hat, mindegyik erő a többitől függetlenül fejt ki hatását,

Mozgásunkat meghatározó két fő erő:

Gravitáció

Általános tömegvonzás törvénye:

A gravitációs erő nagysága egyenesen arányos a testek tömegével, és fordítottan arányos a köztük lévő távolság négyzetével.

$$F_{grav} = G \frac{m_1 m_2}{d^2}$$

Súrlódás

Tapadási súrlódás

Csúszási súrlódás

Mitől függ a súrlódási erő ($F_{súrl}$)?

A felületeket összenyomó erőtől (F_{ny})

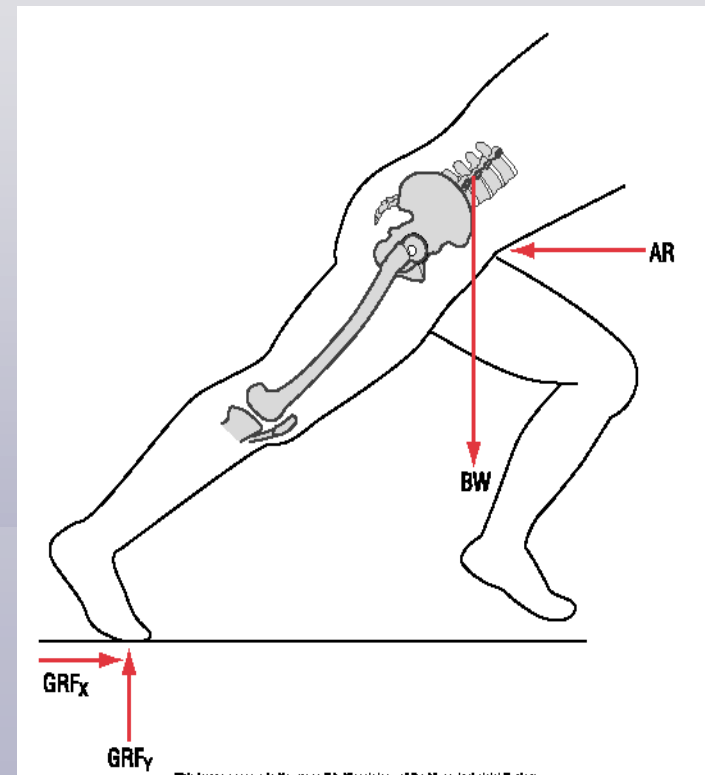
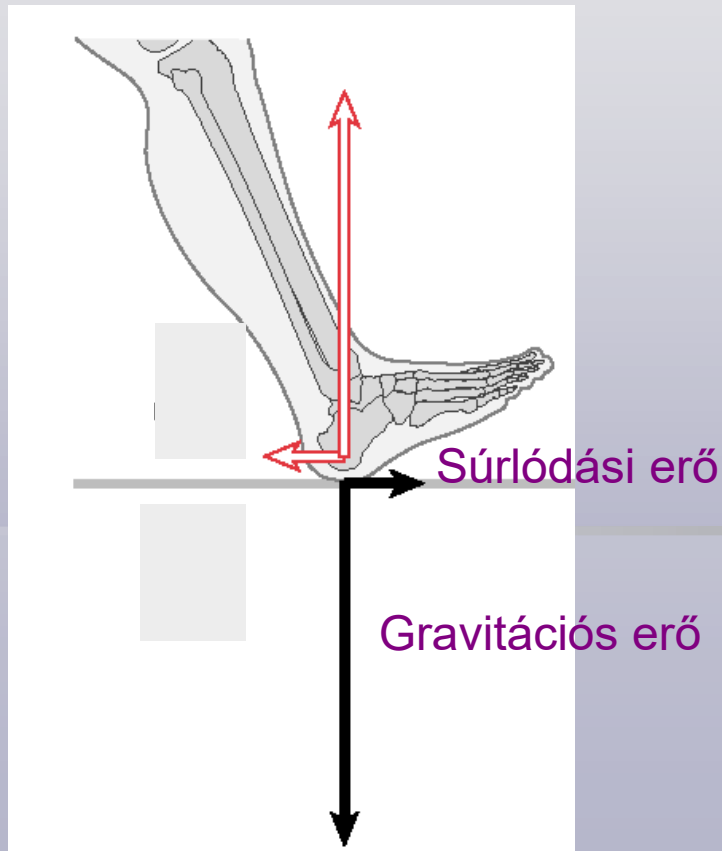
A felületek érdességétől (μ)

$$F_s \sim F_{ny}$$

A csúszási súrlódási erő egyenesen arányos a felületeket összenyomó erővel

Erők a mozgás során

- Milyen erők hatnak ?
- Milyen szerepe van a súrlódásnak ?



Néhány anyagpár statikus és kinetikus súrlódási tényezője

Anyagok	Statikus (ca.)	Kinetikus (ca.)
Acél - acél	0,08-0,25	0,06-0,20
Acél - Teflon	0,04	0,04
Gumi - Aszfalt (szárazon)	0,9	0,8
Viaszos fa havon	0.14	0.1
Emberi ízületi tokban	0.01	0.003

Az ízületi tokot belülről ún. szinoviális szövet, ízületi hártya béleli, melynek sejtjei termelik az ízületi folyadékot. Ez a tiszta folyadék kitölti az ízületi tokot, és tovább csökkenti a csontok közötti súrlódást (mintegy "megalajozva" az ízületet), megkönnyíti a mozgást. A csontok végét sima, kemény, kopásálló védőszövet: az ízületi porc védi, mely mozgás közben felfogja a rázkódást, minimálisra szorítja a súrlódást.

A hyaluronsav biztosítja: az ízületi folyadék viszkozitását (= sűrű gél jellegét), ezáltal **csökkenti a súrlódást az ízületekben a porcok felszínén**, így védi a porcokat a mechanikai traumákból adódó "kopás" ellen, ezzel hozzájárul az ízületek rugalmasságához, mozgékonyságához

Proteoglikán 4 (lubricin) szintén hozzájárul az ízületi folyadék súrlódásának alacsony szinten tartásához