



Laczkó József

Semmelweis Egyetem, TSK Biomechanika Tanszék
és Pázmány Péter Katolikus Egyetem, Információs
Technológiai Kar

**Az emberi mozgás csodája:
biológiai indíttatású aktív
végtagmozgások elemzése
és mesterséges létrehozása.**

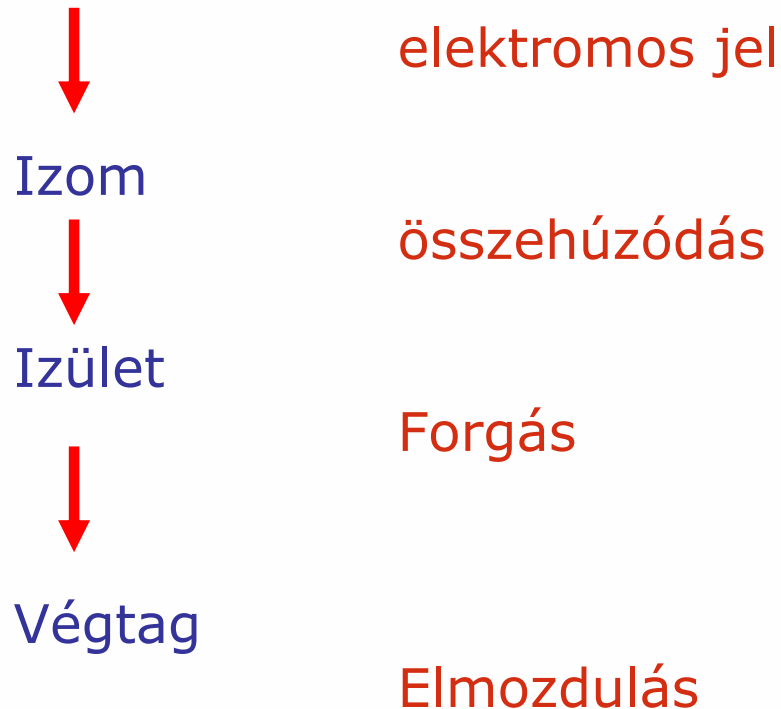
Pécs, 2011. december 2.

www.meetthescientist.hu

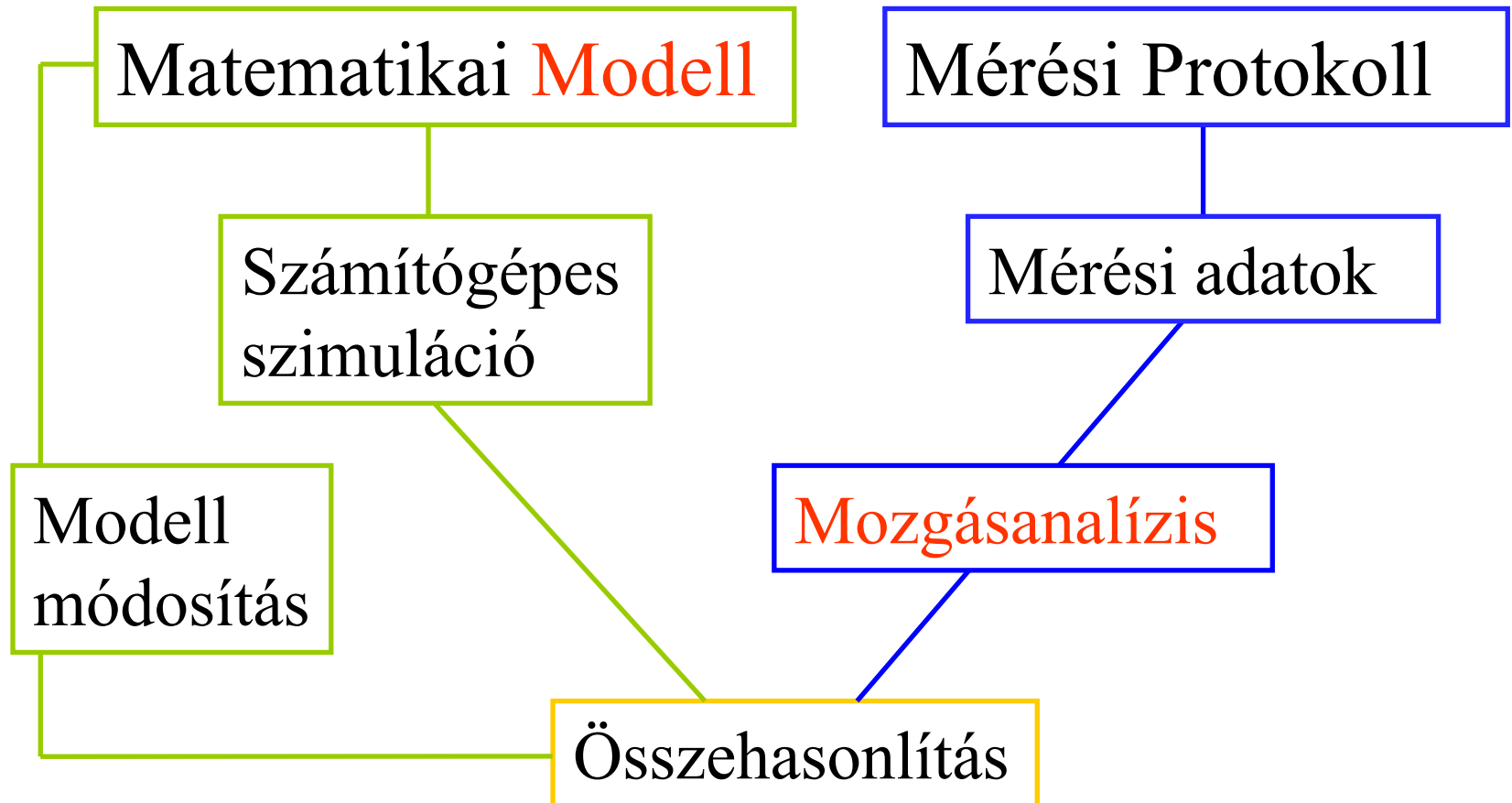


Az emberi mozgás szabályozásában és végrehajtásában résztvevő komponensek

Központi idegrendszer



Emberi végtagok mozgásának szimulációja és mérése



Számítógépes Mozgásanalizáló rendszer



- Felső végtag mozgás

Alsó végtag mozgás



Kar mozgás mérése

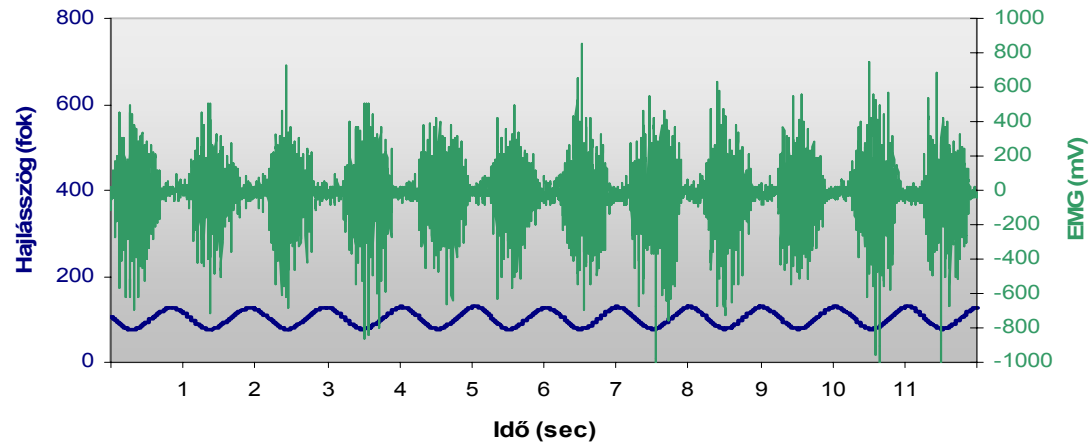


Real-time monitoring (Muscle activity – Movement Kinematics)

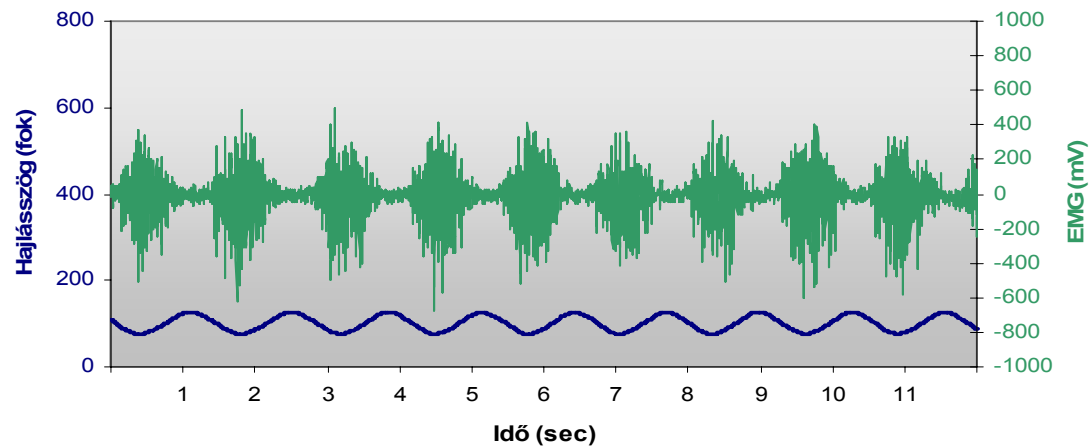
Egészséges kerékpározó mozgás felvétele, mérése



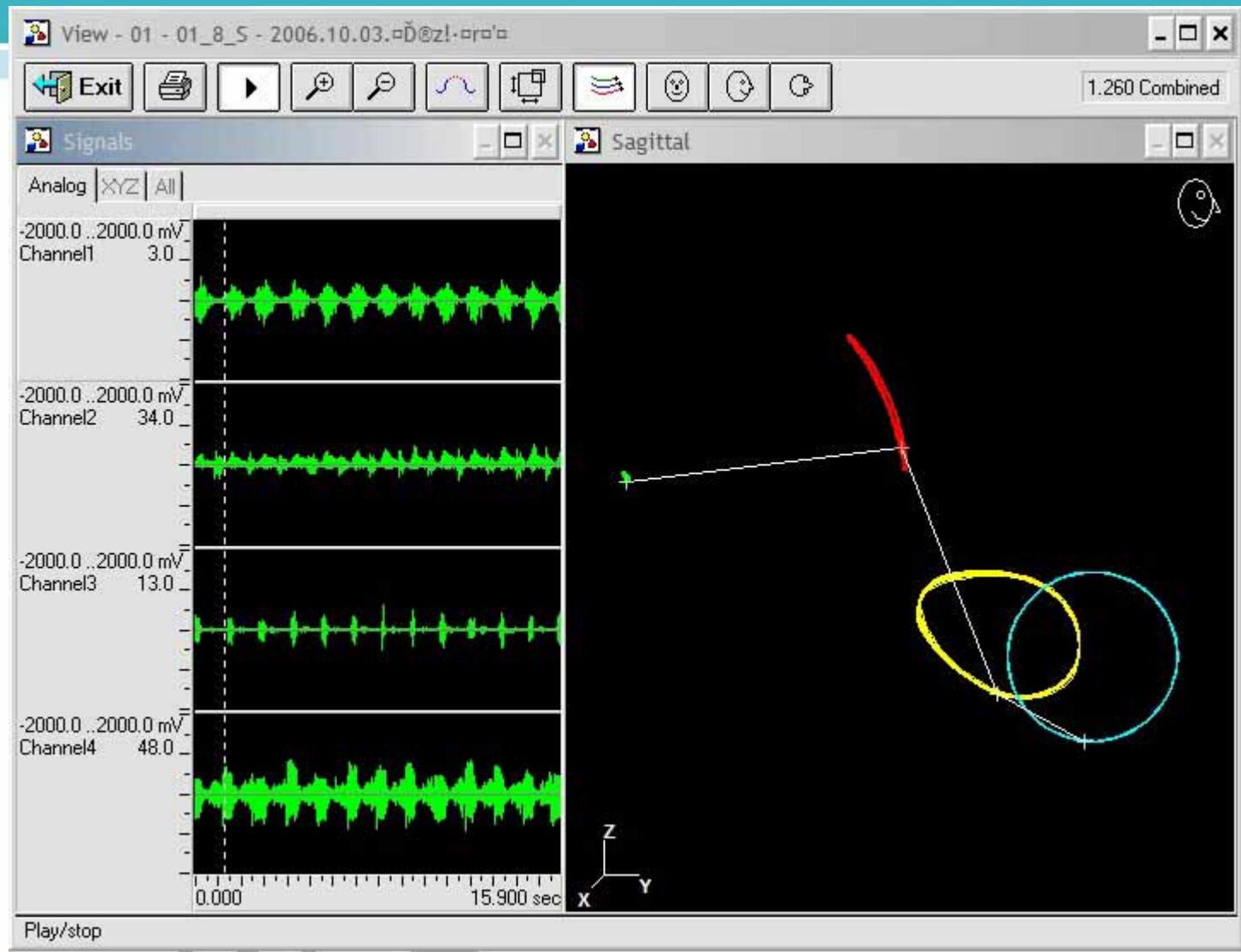
**A térdhajlásszög és a quadriceps aktivitásának kapcsolata
nehéz fokozatú gyors tekerésnél**



**A térdhajlásszög és a quadriceps aktivitásának kapcsolata
nehéz fokozatú lassú tekerésnél**

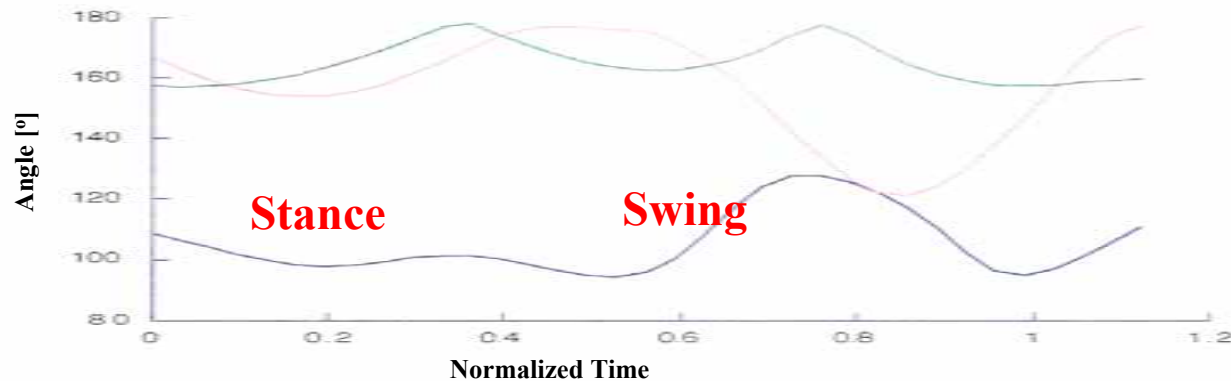


Mozgásanalízis



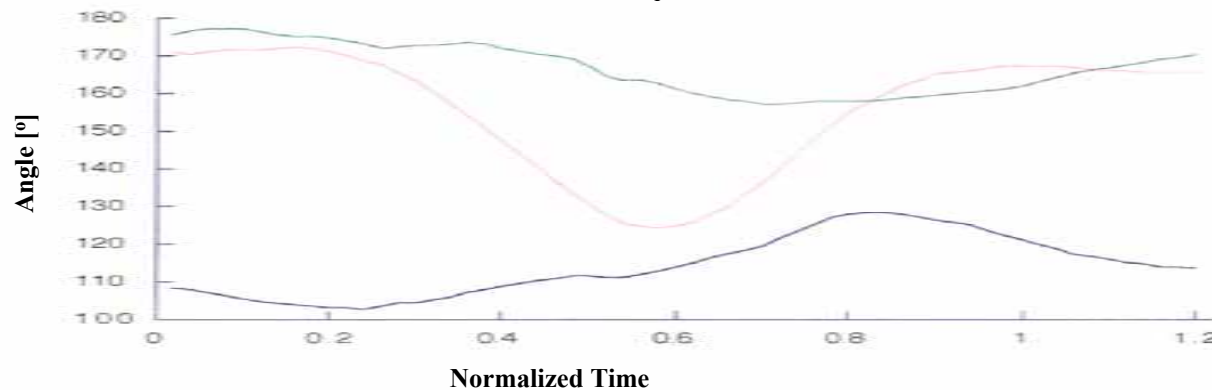
Egészséges és dystoniás alany mozgásanalízise

Healthy



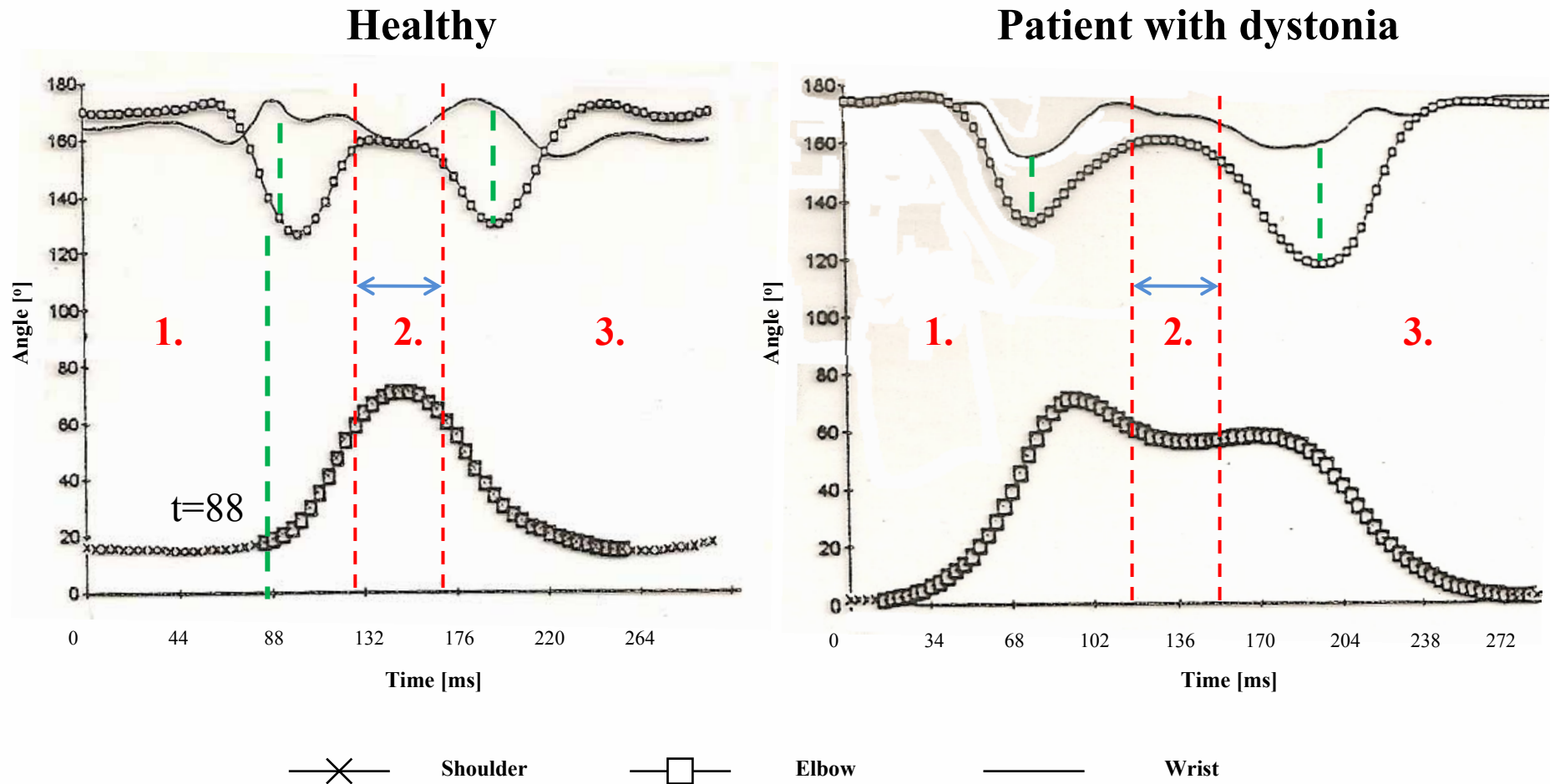
Egy lépés során a bokánál, térdnél és csípőnél mért hajlásszögváltozások

Patient with dystonia



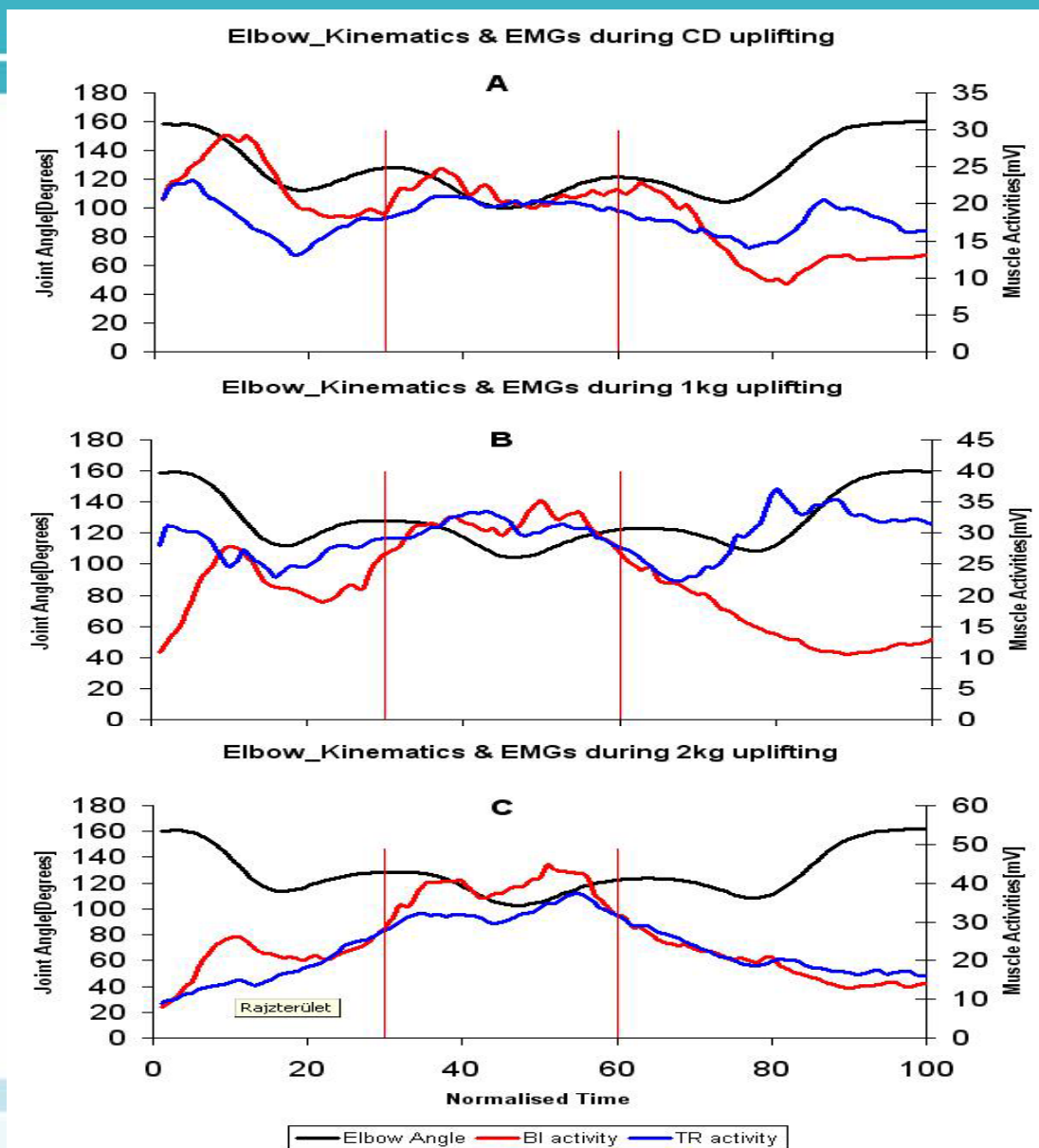
— Ankle — Knee — Hip

Application of biomedical measurements and modeling in medical diagnostics



Karmozgás során a vállnál, könyöknél és csuklónál mért hajlásszögváltozások

Izomaktivitások és ízületi hajlásszögváltozások a könyöknél



Neuro-mechanikai modell

Neurális információt alakítunk át mechanikai aktivitássá.

Feladat:

A mozgató idegsejtek aktivitása és az ízületi hajlásszög-változások közötti kapcsolatnak egy általános matematikai leírása.

1. Megállapítani idegsejt halmazok aktivitás-mintái függvényében az izomerőket és az ízületi hajlásszög-változásokat.
 2. Vizsgálni, hogy a szabályozás mennyire érzékeny a biomechanikai jellemzők és a környezet változására.
- Jobban megérteni a motoros vezérlés rejtett, kísérletileg közvetlenül nem vizsgálható folyamatait.

Végtagmozgások szabályozásának megközelítése

Idegimpulzus – izomaktivitás – ízületi elfordulás

- Direkt probléma:

Adott: az izmokat ingerlő mozgató idegsejtek aktivitása

Számítsuk ki: a végtag ízületeiben az elfordulásokat

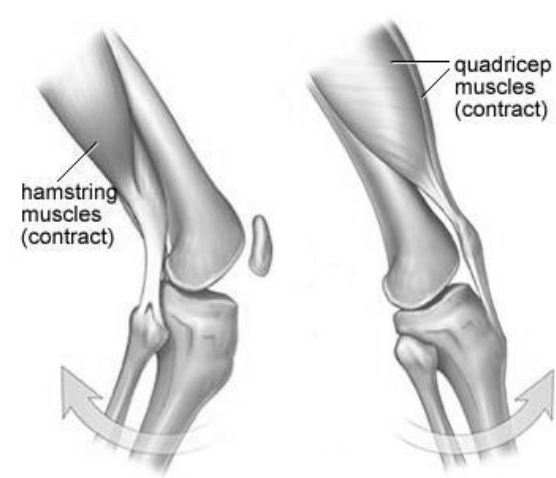
- Inverz probléma:

Adott: kísérletileg mért ízületi hajlásszög-változások

Számítsuk ki: a mozgató idegsejtek aktivitási mintázatát

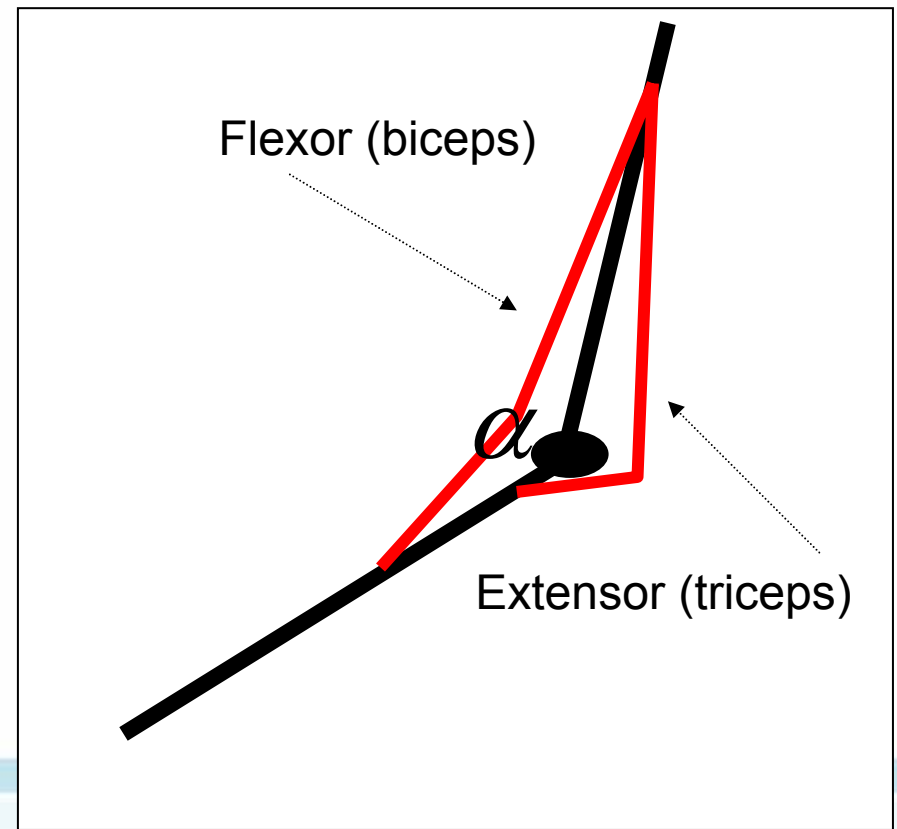
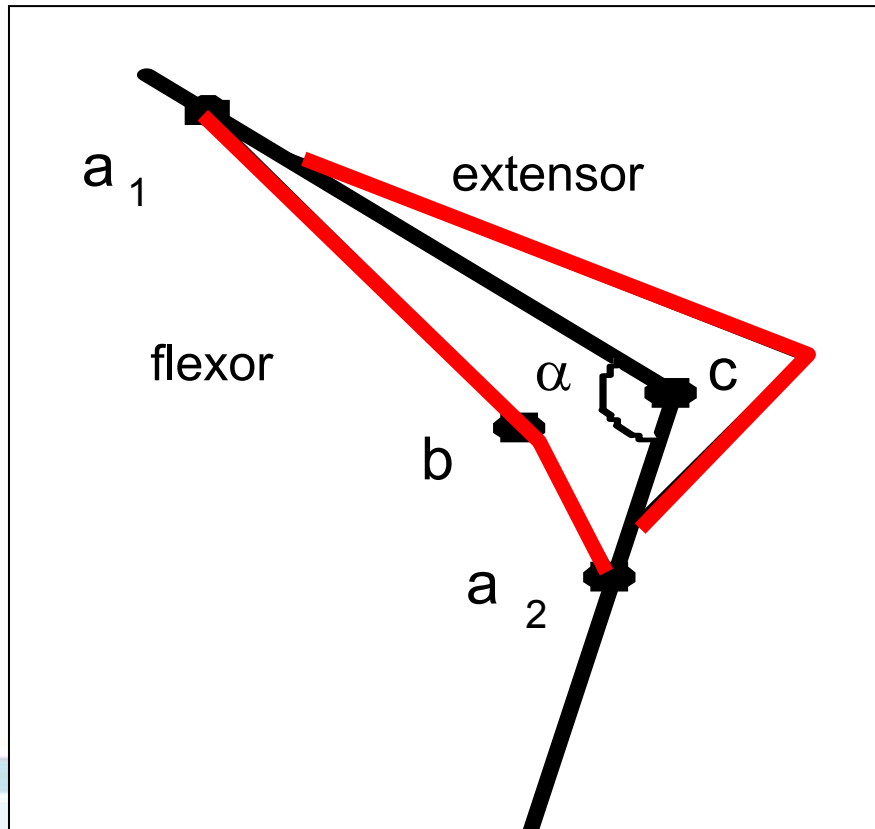
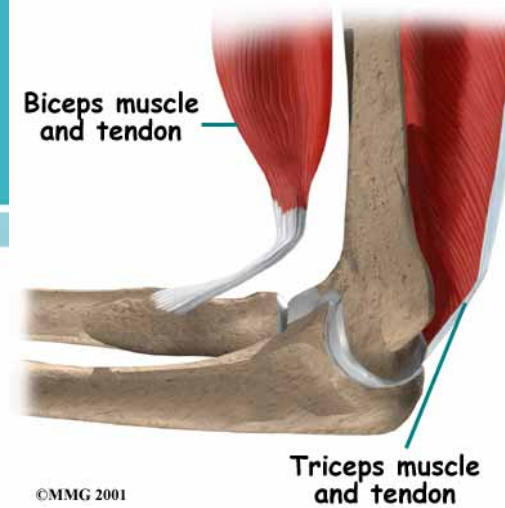
- Alapvető probléma: végtelen sok motoneuron-aktivitási minta eredményezheti ugyanazt a kinematikai mozgásmintát
- A modell n -ízületű rendszerre alkalmazható;
- n tetszőleges természetes szám. (kar, láb, fej-nyak-törzs).

Egy ízületet hajlító és feszítő izmok

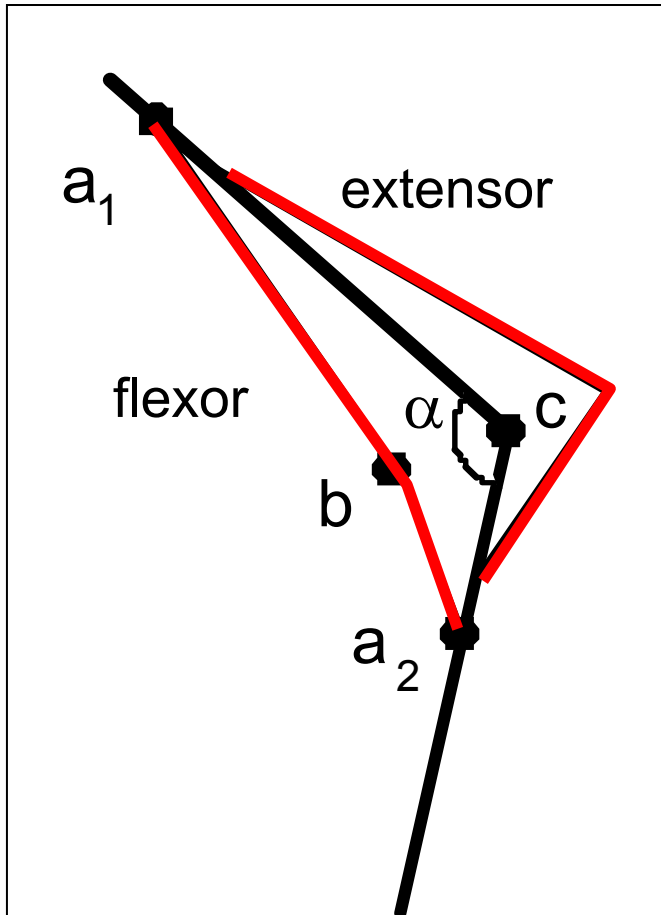


térd

könyök



Egy megközelítés az inverz probléma megoldására egy ízületben



Mozgató idegsejt aktivitást szimulálunk feltéve, hogy:

- egy hajlító és egy feszítő izom egy ízülethez
- egy adott pillanatban csak egy izom aktív
- ismert a hajlásszögváltozás az ízületben



Izomingerlés

Hajlító: 20Hz

Feszítő: 12Hz



Izomingerlés

Hajlító: 20Hz

Feszítő: 20Hz

Az inverz probléma megoldása

Ha adott az ízületi elfordulás (α), akkor számítsuk ki:

1. Az ízületi szöggyorsulást (β) (kétszeri deriválással)

$$\beta = d^2\alpha / d^2t$$

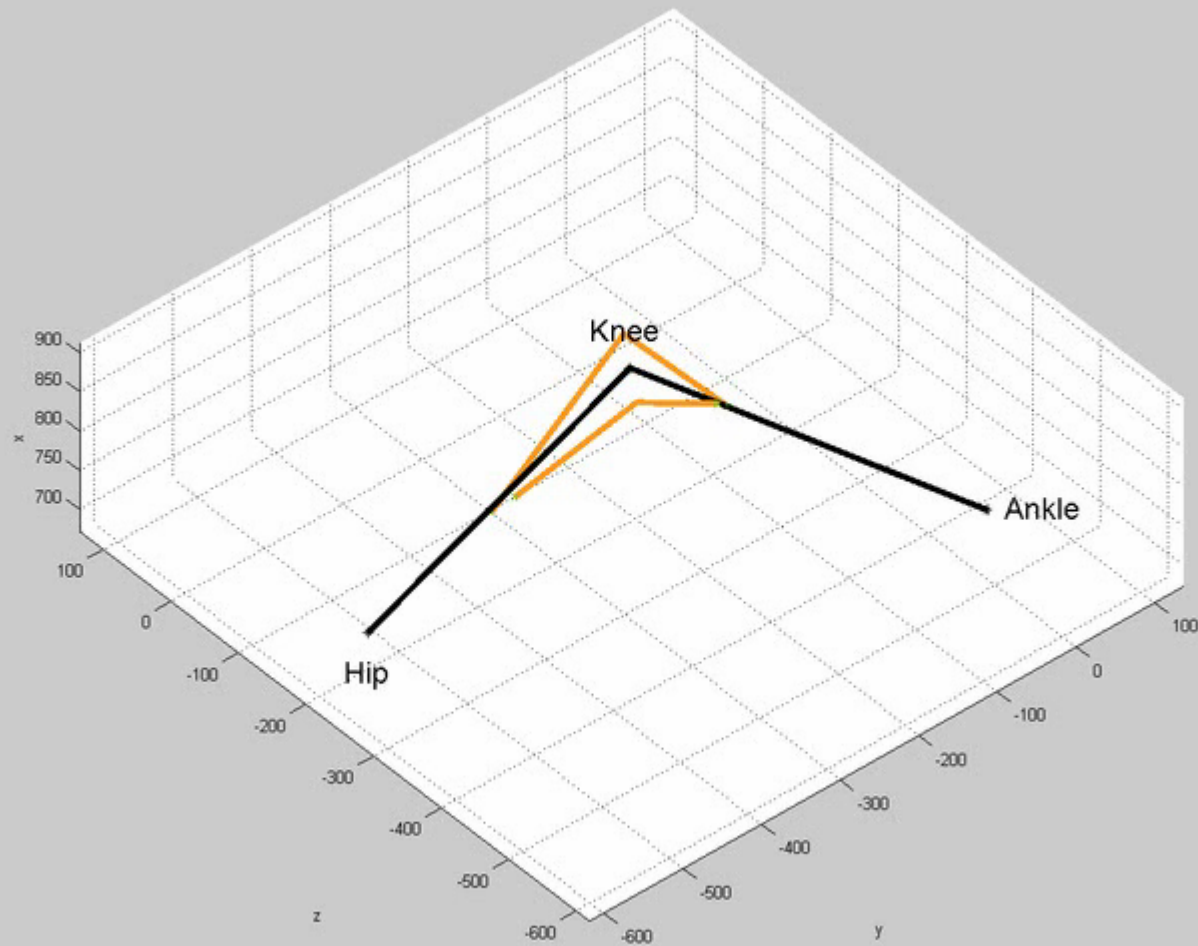
2. A szükséges izomerőt:

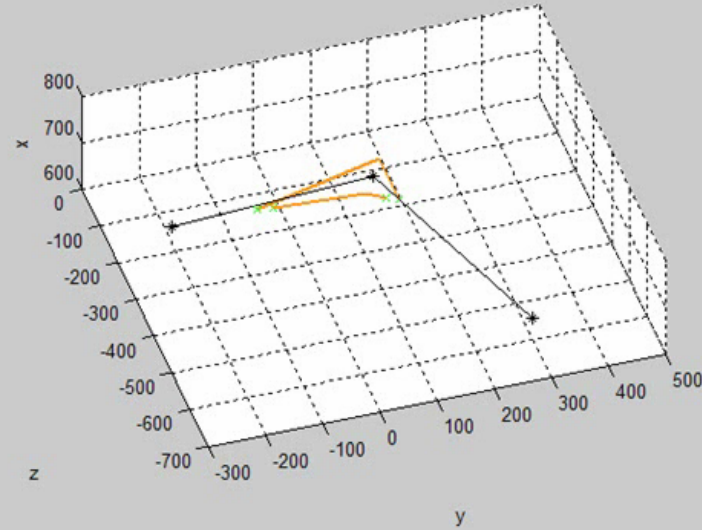
$$F = \beta * I / R$$

ahol (I) tehetetlenségi nyomaték, (F) izomerő, (R) erőkar

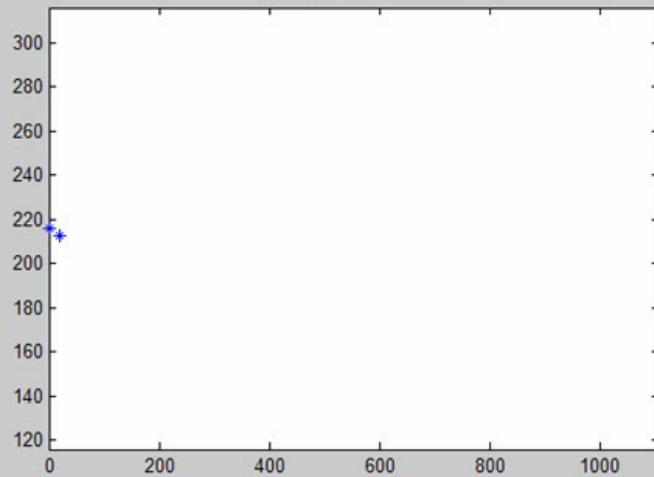
3. Az izomerőhöz szükséges ingerlő frekvenciát (f) az izomerő – idegi ingerlő frekvencia kapcsolatból

Muscle geometry

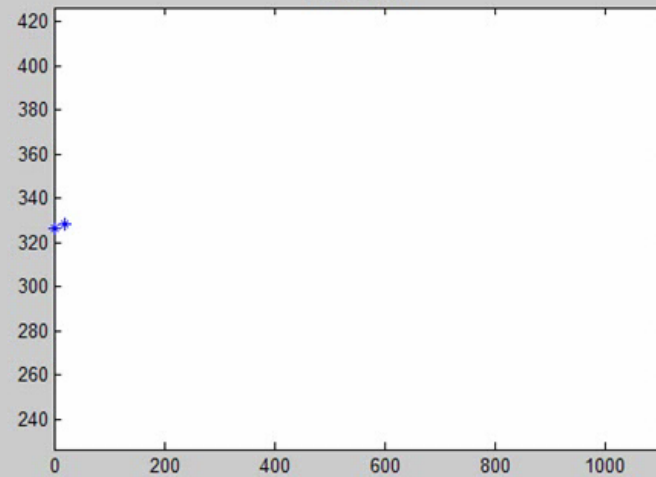




Biceps femoris length



Vasti length



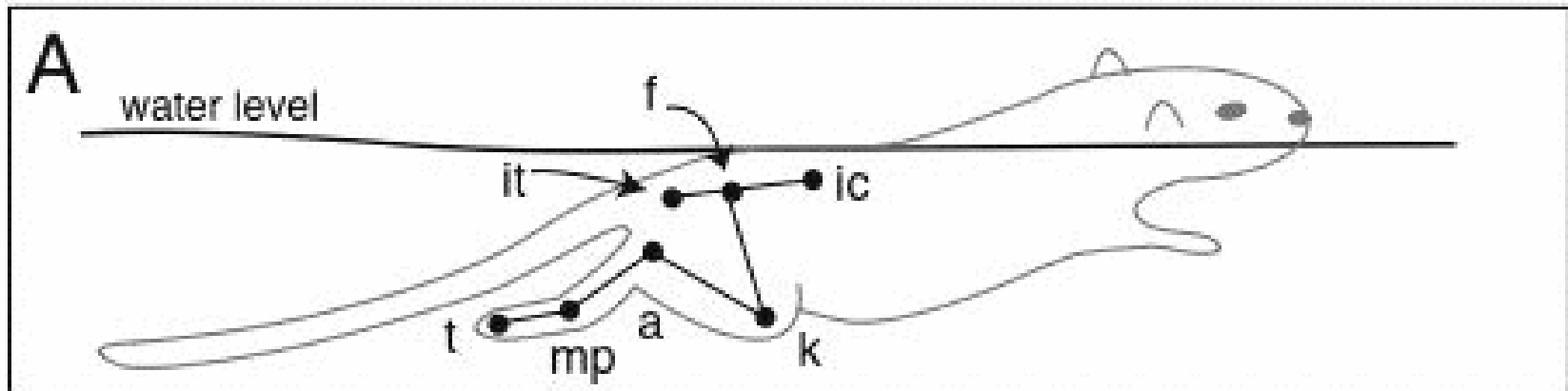
- Idegi aktivitás modellek
(Arbib, Érdi, Szentágothai 1998, Székely 1989, Pellionisz et.al. 1985, 1987)
- Izom modellek,
(Szentgyörgyi: Muscle research 1958 Science 128 pp.699-702,
- Szentágothai János, Lissák Kálmán, Grastyán Endre, Karmos György, PÉCS
- A komplex NEURO-MECHANIKAI MODELL koncepcióját a New York University-n fejlesztettük (Laczko, Walton, Llinas).
NASA Grant: K. Walton, R. Llinas, 1999,
Fulbright Scholarship (mammalian locomotion) Laczko, 2004

Modeling at the New York University: Microgravity influences motor development.

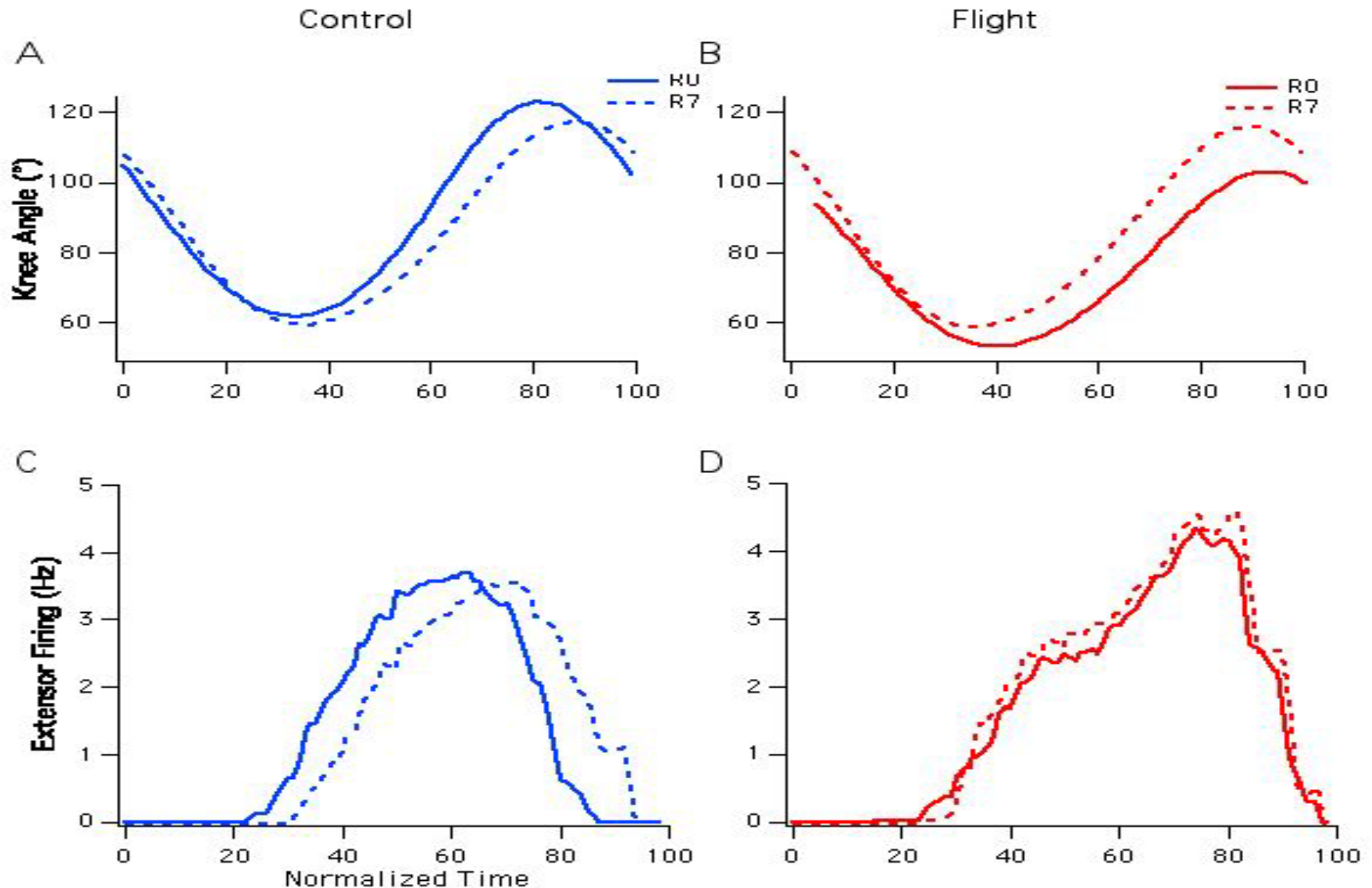


Laczko J, Walton K, Llinas R (2006): A neuro - mechanical transducer model for controlling joint rotations and limb movements. *Clinical Neuroscience/Ideggy Szle*, 59. .(1-2):32-43.

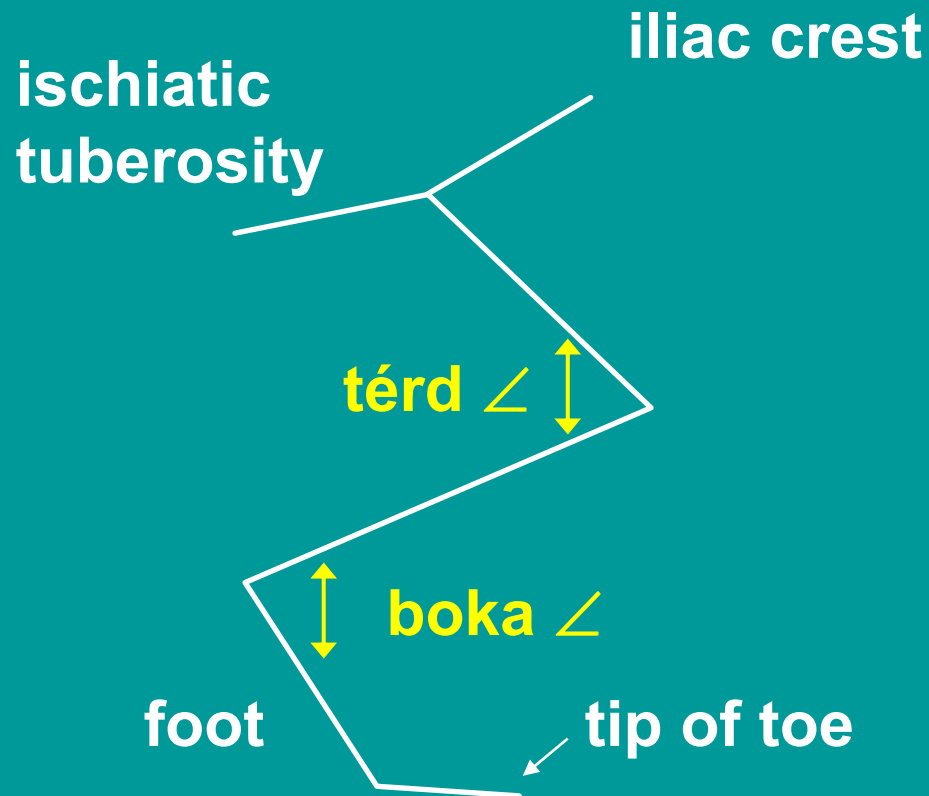
A végtag jellemző pontjainak helye és ezeknek a **mérése**



Mért térdhajlásszögek és a térdhajlító izmok számított aktivitása



A patkány járás-mintájának mérése



Egy lépés a járás során

Foot
contact

“Loading”

Foot lift

Swing

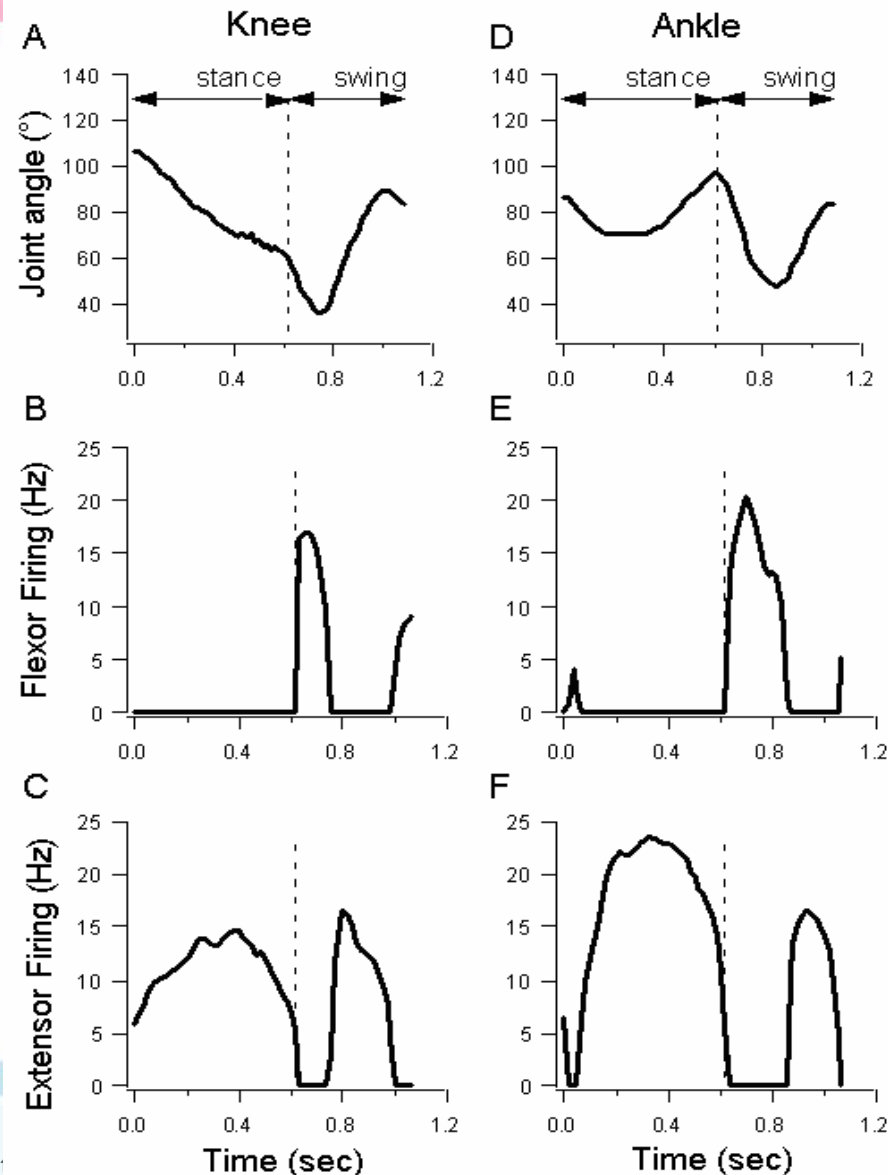
Foot
contact



Támasz fázis

Lengő fázis

Mért térdhajlásszögváltozások és modellezett ingerlési mintázata a térd hajlító és feszítő izmoknak



Mozgás szintézis: mesterséges mozgás-szabályozás



Mozgásszintézis

Kerékpározás mesterséges elektromos izomstimulációval

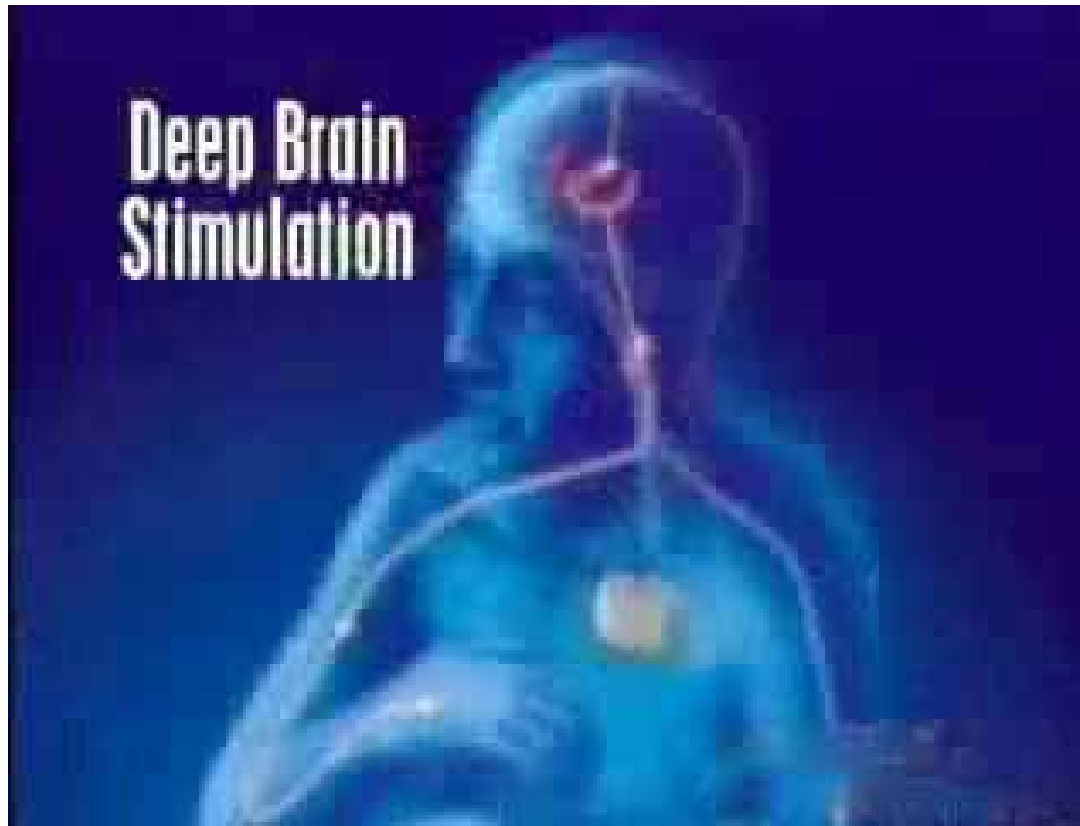


Parkinson-kór kezelése mély agyi stimulációval (Deep Brain Stimulation – DBS)



<http://www.youtube.com/watch?v=B6sqV7bEPo0>

DBS műtét alatti mozgásterzt



<http://www.youtube.com/watch?v=WW-SWAnphFU&feature=related>

Köszönet

- Rodolfo LLinas (New York University)
- Kerry Walton (New York University)
- Mark Latash (Pennsylvania State University)
- Tihanyi József (Semmelweis Egyetem, Testnevelési és Sporttudományi Kar)
- Klauber András (Országos Orvosi Rehabilitációs Intézet, Budapest)
- Fazekas Gábor (Szent János kórház, Budapest)
- György Karmos (Pázmány Péter Katolikus Egyetem)
- János Szécsi (Ludwig Maximilians Universitaet, Munchen)
- Keresztényi Zoltán Ph.D.(Semmelweis Egyetem)
- Pilissy Tamás (PPKE Ph.D. hallgató)
- Tibold Róbert (PPKE Ph.D. hallgató)
- és sokan mások



Budapesti Amerikai Nagykövetség

Magyar Fulbright Egyesület

Magyar Innovációs Szövetség

Köszönöm!

www.meetthescientist.hu

