



Mozgás-segítés

Mozgás szabályozás

# **Az emberi mozgás tudománya**

Laczkó József

MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont  
Rehabilitáció-technológiai csoport

**SIMONYI-NAP 2017**

# Bevezetés

- Emberi Mozgástudomány – Human Movement Science  
Humánkineziológia  
Multidiszciplináris kutatási terület (elméleti és kísérleti)



Izom modellek  
Szent-Györgyi Albert



Idegi aktivitás modellek  
Kisagy modell  
Szentágothai János



Neuro-mechanikai modell  
Rodolfo Llinas

- Ember-gép kapcsolat - Human Machine Interface
- Mozgás-rehabilitáció, mozgás-segítés.

**Szentgyörgyi A.** (1958): Muscle research Science V. 128

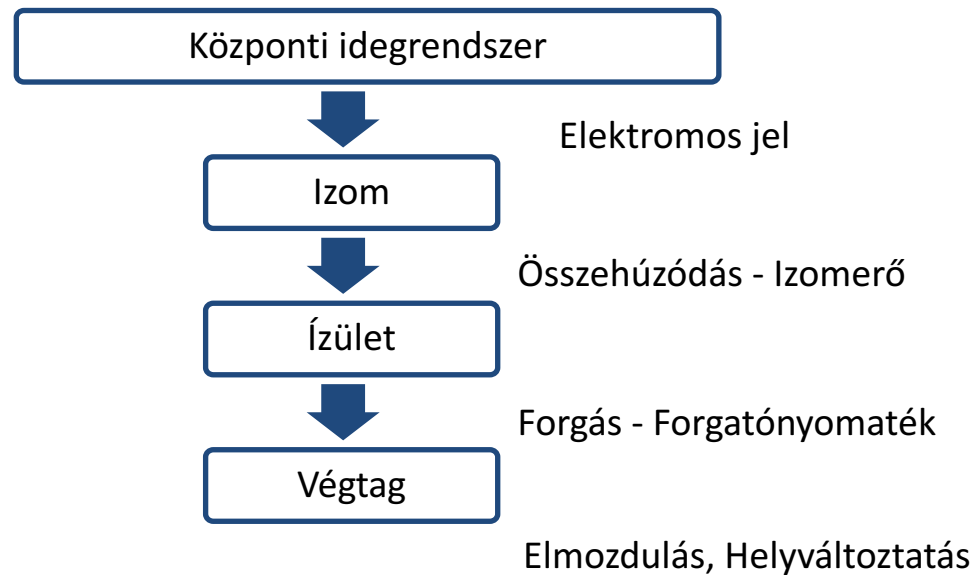
Pellionisz A, **Szentágothai** (1973): Dynamic Single Unit Simulation of a Realistic Cerebellar Network Model. Brain Research 49.

Laczko J, Walton K, **Llinas R** (2006): A neuro - mechanical transducer model ... . Clinical Neuroscience/Ideggy Szle, V. 59.

# Bevezetés

- Az egészséges emberi mozgás simább, finomabb, könnyedebb és ugyanakkor sokkal változatosabb lehet mint bármely mesterséges szerkezet mozgása.
- Egy mozgási feladat végtelen sok féleképp megoldható.
- **Milyen szabályok szerint választ a központi idegrendszer egy egyedi megoldást egy mozgási feladatra amikor végtelen sok megoldás lehetséges?**
- Optimalizációs feltételek
- Statisztikai módszerek

# A mozgás szabályozás és végrehajtás fő komponensei







# Optimalizációs feltételek

$$R = \int_0^T p(t)'''^2 dt$$

Minimális rángás elve (legsimább mozgás),

**R** számszerűen jellemzi a teljes mozgás alatti **rángás** nagyságát.

Minél kisebb az **R** értéke annál simább a mozgás.

$p(t)$  a test egy pontjának pályája az idő függvényében.  $T$  a mozgás időtartama

A rángás a pozíció idő szerinti harmadik deriváltja. A gyorsulás változása.

Related publications

Laczko et al.: Journal of Applied Biomechanics 2000, Laczko et al.: Transactions on Neural Systems and Rehabilitation 2017

2017 október 16.

SIMONYI-NAP 2017

6

# Optimalizációs feltételek

$$L = \left(\frac{d^3x}{dt^3}\right)^2 + \left(\frac{d^3y}{dt^3}\right)^2 \quad (x(t), y(t)) = p(t)$$

Euler Lagrange egyenlet:

$$\frac{d^3}{dt^3} \left(\frac{\partial x^{(3)}}{\partial t^3}\right) + \frac{d^3}{dt^3} \left(\frac{\partial y^{(3)}}{\partial t^3}\right) = 0$$

Ebből kapjuk, hogy

$$\frac{d^6x}{dt^6} = 0, \quad \frac{d^6y}{dt^6} = 0$$

Ha a mozgás 0 sebességgel és 0 gyorsulással indul, és úgy is fejeződik be, akkor a következő trajektóriát kapjuk:

$$p(t) = p_0 + (p(0) - p(T))(15\tau^4 - 6\tau^5 - 10\tau^3)$$

Ahol:  $\tau = \frac{t}{T}$ , és  $T$  a mozgás időtartama

# Izom -és ízületi szinergia

- **Izom szinergia:** Az izmok együttműködése (együtt dolgozása) egy mozgási feladat végrehajtása érdekében.
- **Ízületi szinergia:** Az ízületek együttműködése (együtt dolgozása).
- A mozgásszabályozás **stabilitása** jellemezhető a varianciával.
- Minél kisebb a **variancia**, annál stabilabb a mozgás.
- A varianciát kiszámíthatjuk a
  - “külső” fizikai térben (2D vagy 3D)
  - “ízületi tér”-ben (annyi dimenziós, ahány ízületi elfordulás)
  - “izom tér”-ben (annyi dimenziós, ahány izmot tekintünk)

# Mozgási variancia

Kézpozíció (3D vector):

$$\mathbf{p}(t) = [p_x(t), p_y(t), p_z(t)]$$

Kéz pozíció variancia:

$$V_{EP}(t) = \frac{\sum_{k=1}^N [\bar{p}(t) - p_k(t)]^2}{N - 1}$$

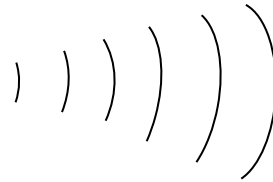
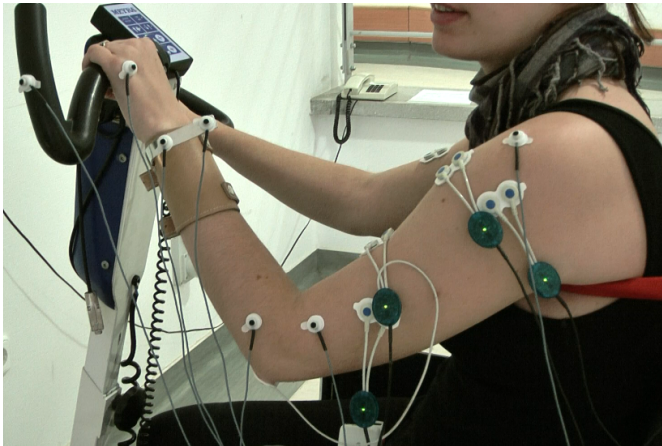
Ízületi hajlásszöggel reprezentált karkonfiguráció:

$$\boldsymbol{\alpha}(t) = (\alpha_1(t), \alpha_2(t), \dots, \alpha_n(t)).$$

Ízületi konfiguráció variancia

$$V_{ANG}(t) = \frac{\sum_{k=1}^N [\bar{\alpha}(t) - \alpha_k(t)]^2}{N - 1}$$

# Kinematikai minták és izomaktivitások (EMG) mérése ép-testű embereken.



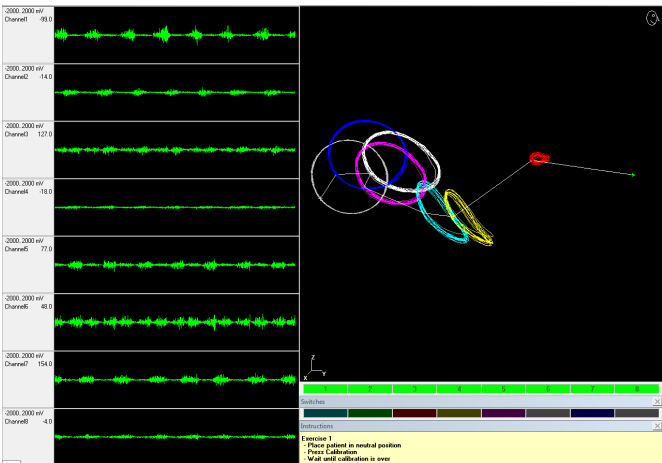
Zebris Ultrasonic sensor



Active marker coordinates



Zebris processing unit

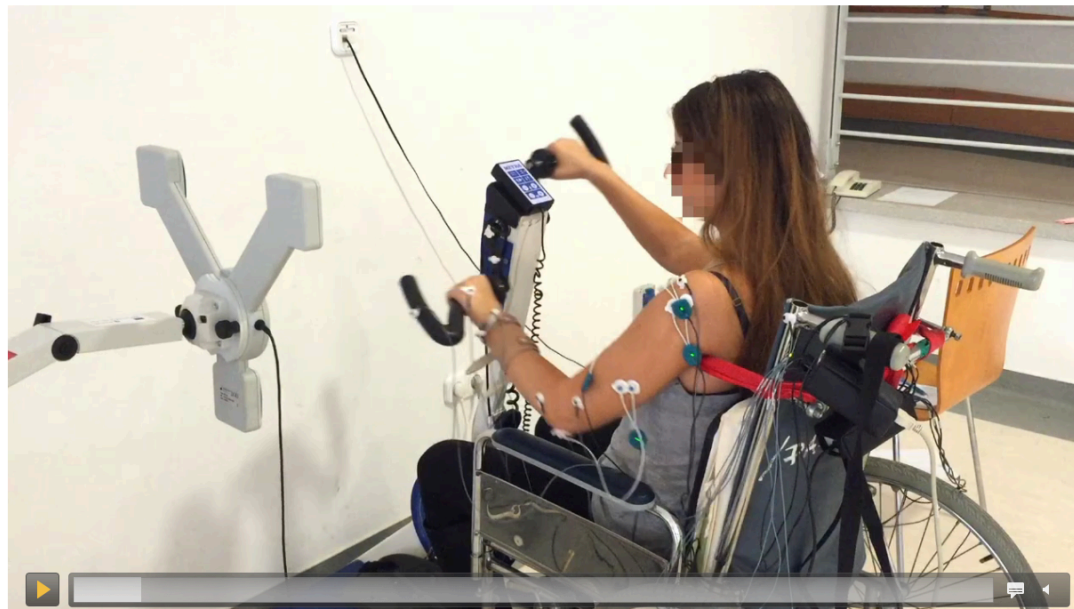


# Kézi kerékpározás

- ZEBRIS ultrahang alapú mozgásanalizáló eszköz és MEYRA ergométer

## Kézi kerékpározás

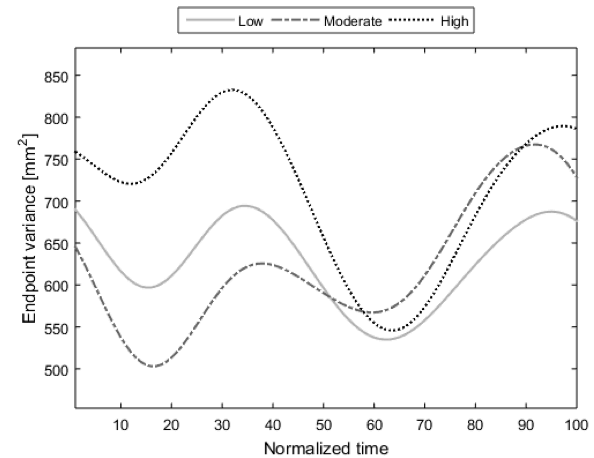
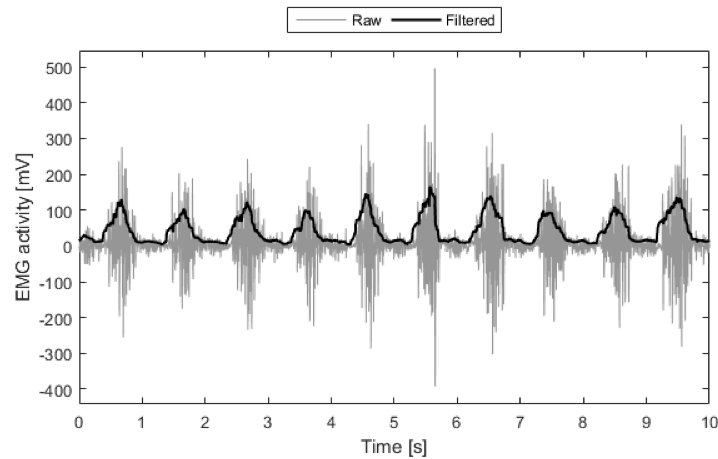
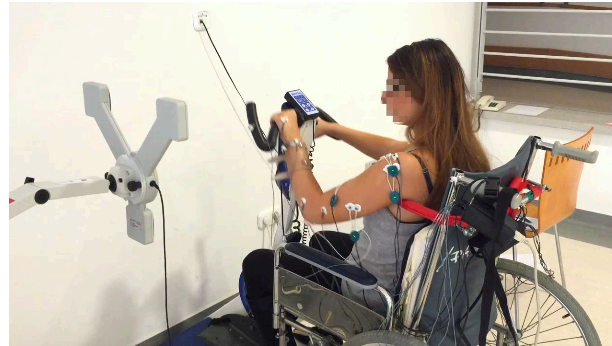
- ZEBRIS ultrahang alapú mozgásanalizáló eszköz és MEYRA ergométer



# Adatfeldolgozás

Izomok elektromos aktivitása

Mozgási variancia



2017 október 16.

SIMONYI-NAP 2017

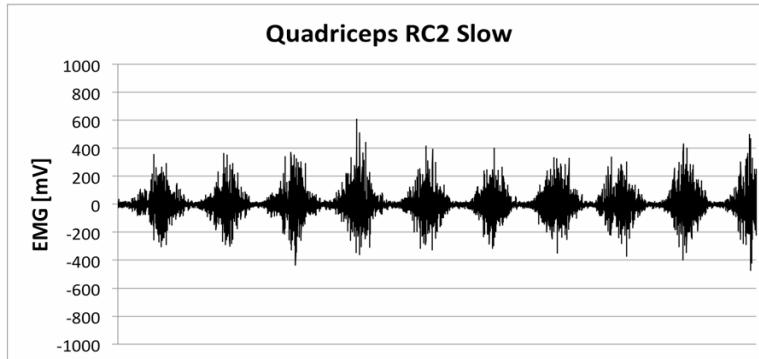
12



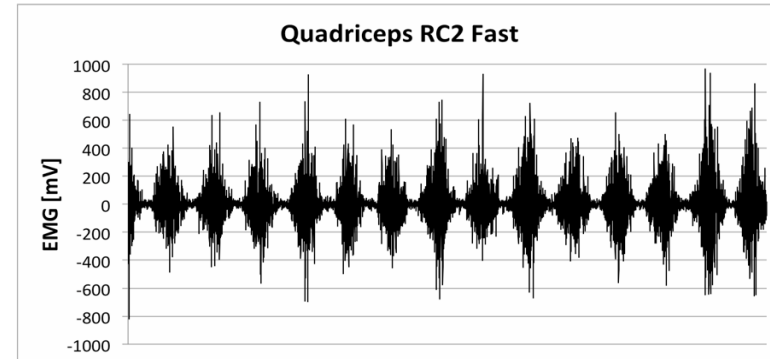
# Izomaktivitások – Electromyogramok (EMG)



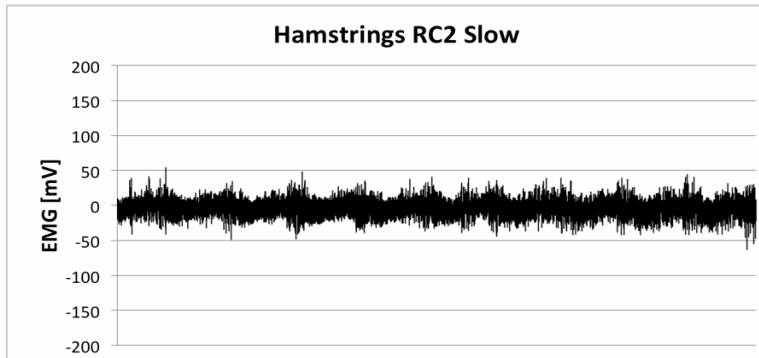
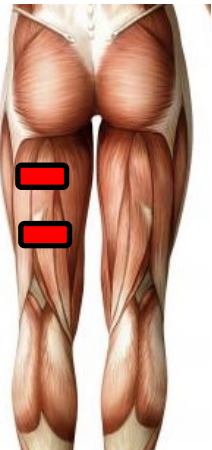
The raw (recorded) EMG of a participant during cycling in RC 2



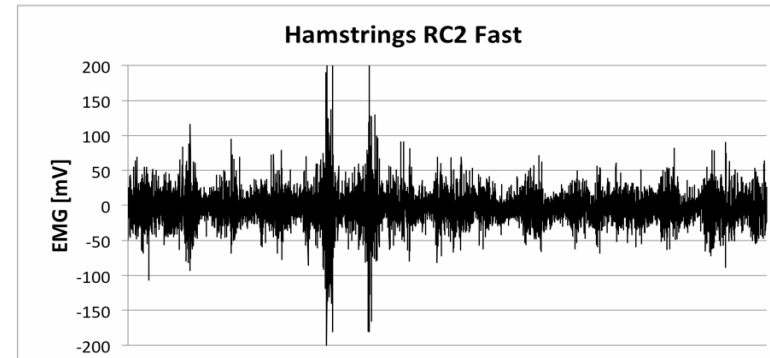
15000 ms



15000 ms



15000 ms



15000 ms



2017 október 16.

SIMONYI-NAP 2017

14

2017 október 16.

SIMONYI-NAP 2017

14

# Funkcionális Elektromos Izomstimulációval (FES) segített mozgás rehabilitáció:

Gerincvelő sérült páciens FES terápája



„H2” stimulációs minta

2017 október 16.



„H4” stimulációs minta

SIMONYI-NAP 2017

15

# Ember-gép kapcsolat - Human Machine Interface

## Emberen mért jelek

- Electroencephalogram (EEG) - agyi elektromos aktivitás
- Electromyogram (EMG) - elektromos izomaktivitás
- Kinematikai jelek - testhelyzet változás



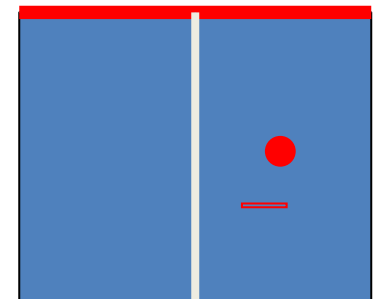
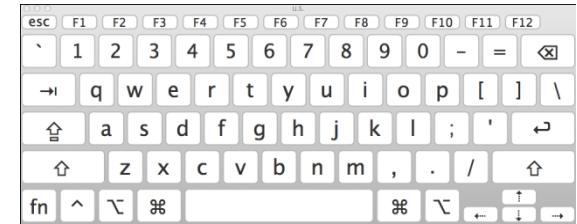
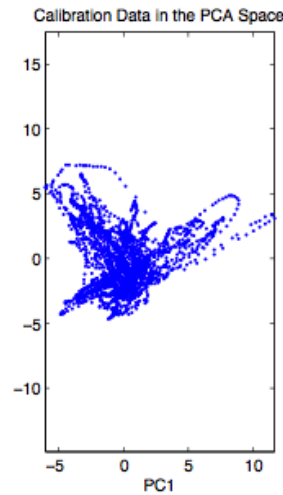
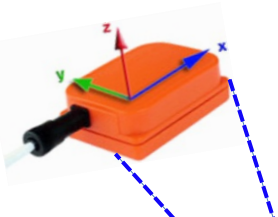
Transzformáció

Ember vagy gép mozgásának létrehozása,  
szabályozása

# Test - Gép kapcsolat

Kommunikáció egy ember és egy gép között az emberi testről mért jelek által

Rehabilitation Institute of Chicago



A felsőtest mozgását transzformáljuk mouse pointer mozgatássá



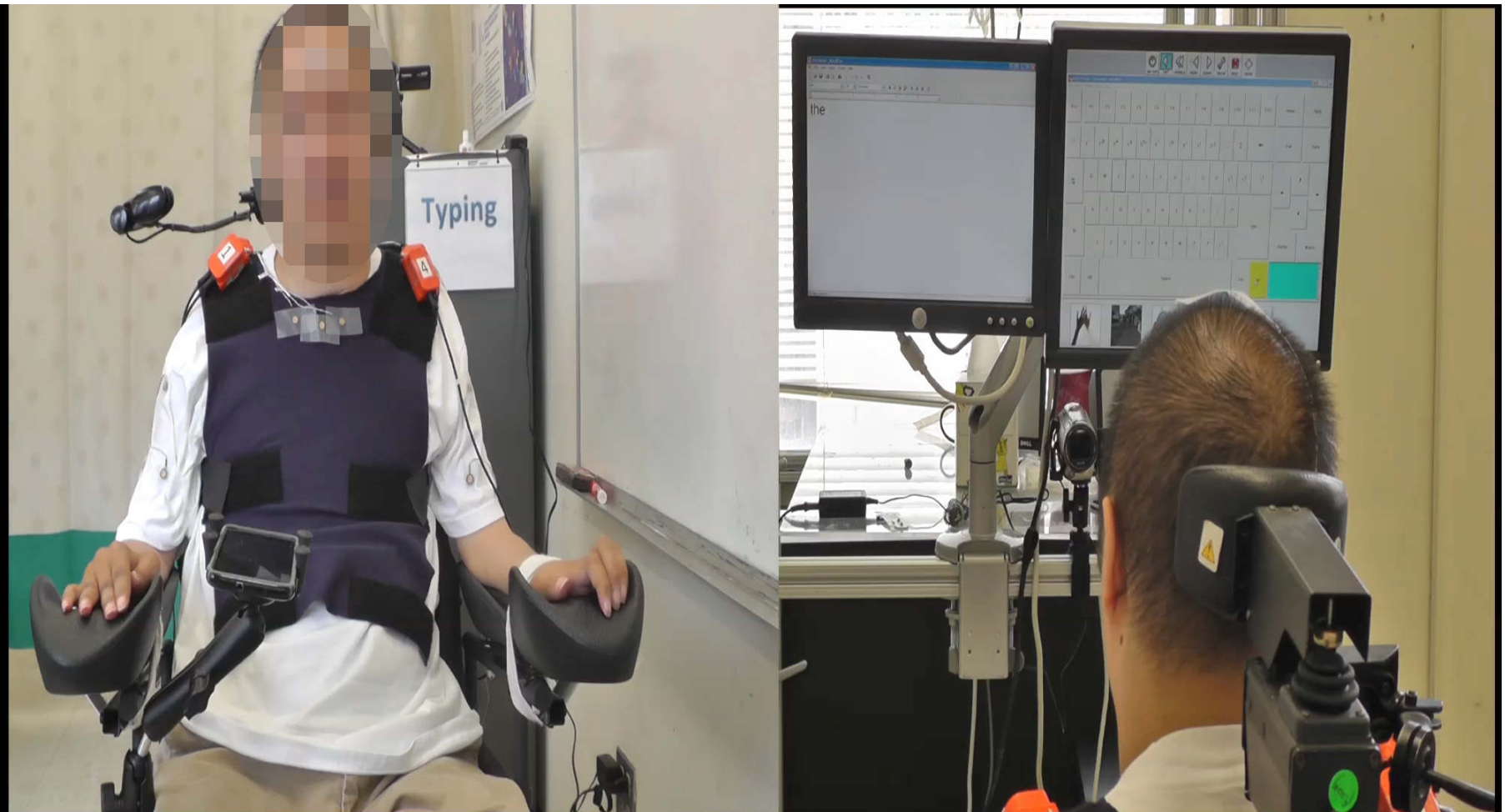
Casadio et al. Functional reorganization of upper-body movement after spinal cord injury  
Experimental Brain Res. V. 207:233–247

2017 október 16.

SIMONYI-NAP 2017

17

# Szövegírás (gépelés)



Rehabilitation Institute of Chicago

# Video az alábbi linken:

- [https://1drv.ms/v/s!Asv6LoRJJ\\_aige5c5707L2DxTx9PYQ](https://1drv.ms/v/s!Asv6LoRJJ_aige5c5707L2DxTx9PYQ)

# Összefoglalás

- Az "Emberi Mozgástudomány" azt kutatja, hogy a központi idegrendszer hogyan optimalizálja, szabályozza az emberi test mozgását és mozgási feladatok végrehajtását.
- Idegrendszeri sérülés következtében változik a mozgás szabályozása.
- A Mozgás-rehabilitáció mozgássérült személyek elvesztett mozgási képességeinek részleges visszanyerését eredményezi.
- Funkcionális Elektromos Izomingerléssel, a bénult izmok aktív erőt fejthetnek ki, a bénult végtagok aktív mozgást végezhetnek.
- Test-gép kapcsolat: megmaradt mozgási képességekkel vezérelhetők, pótolhatók elvesztett mozgási képességek és külső eszközök mozgatása is szabályozható.



## MTA Wigner FK

### Rehabilitáció-technológiai csoport

Arató András



Mravcsik Mariann



Botzheim Lilla



Laczko Jozsef



Malik Szabolcs

## Partnerintézmények

Országos Orvosi Rehabilitációs Intézet

Pécsi Tudományegyetem, TTK,  
Információtechnológia és Biorobotikai Tanszék

Pázmány Péter Katolikus Egyetem,  
Információtechnológiai és Bionikai Kar

Rehabilitation Institute of Chicago

Northwestern University, Chicago,

Medical University Vienna, Center for Medical  
Physics and Biomedical Engineering

Köszönet az MTA Wigner FK munkatársainak