

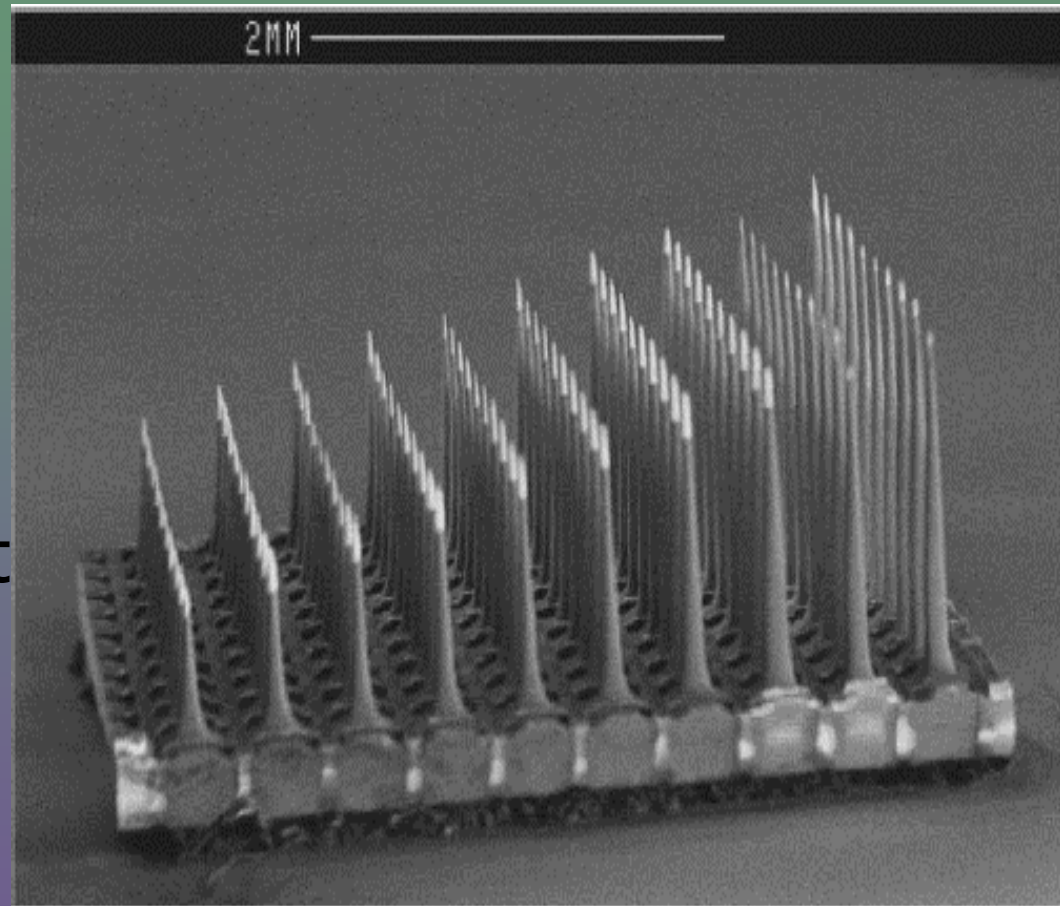
# **Mesterséges protézisek**

*Csató Lehel*

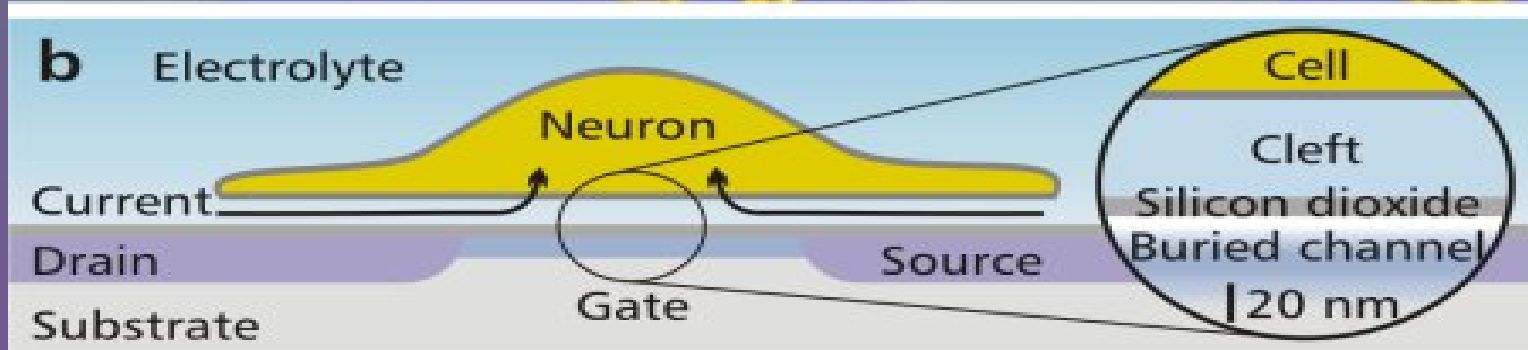
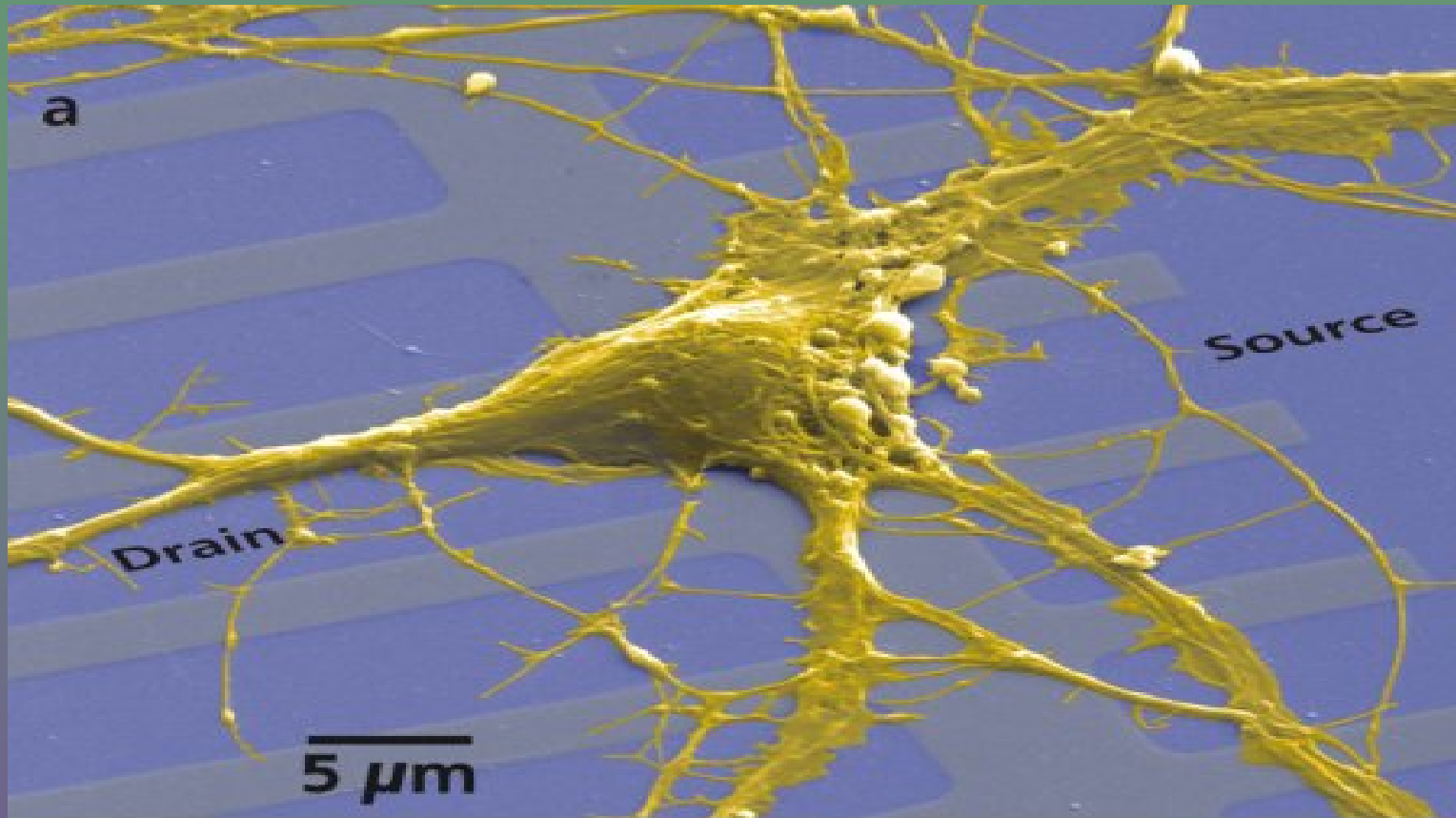
**Köszönet: Benczik Andrea  
&  
Mihály Ibolya**

# Motiváció

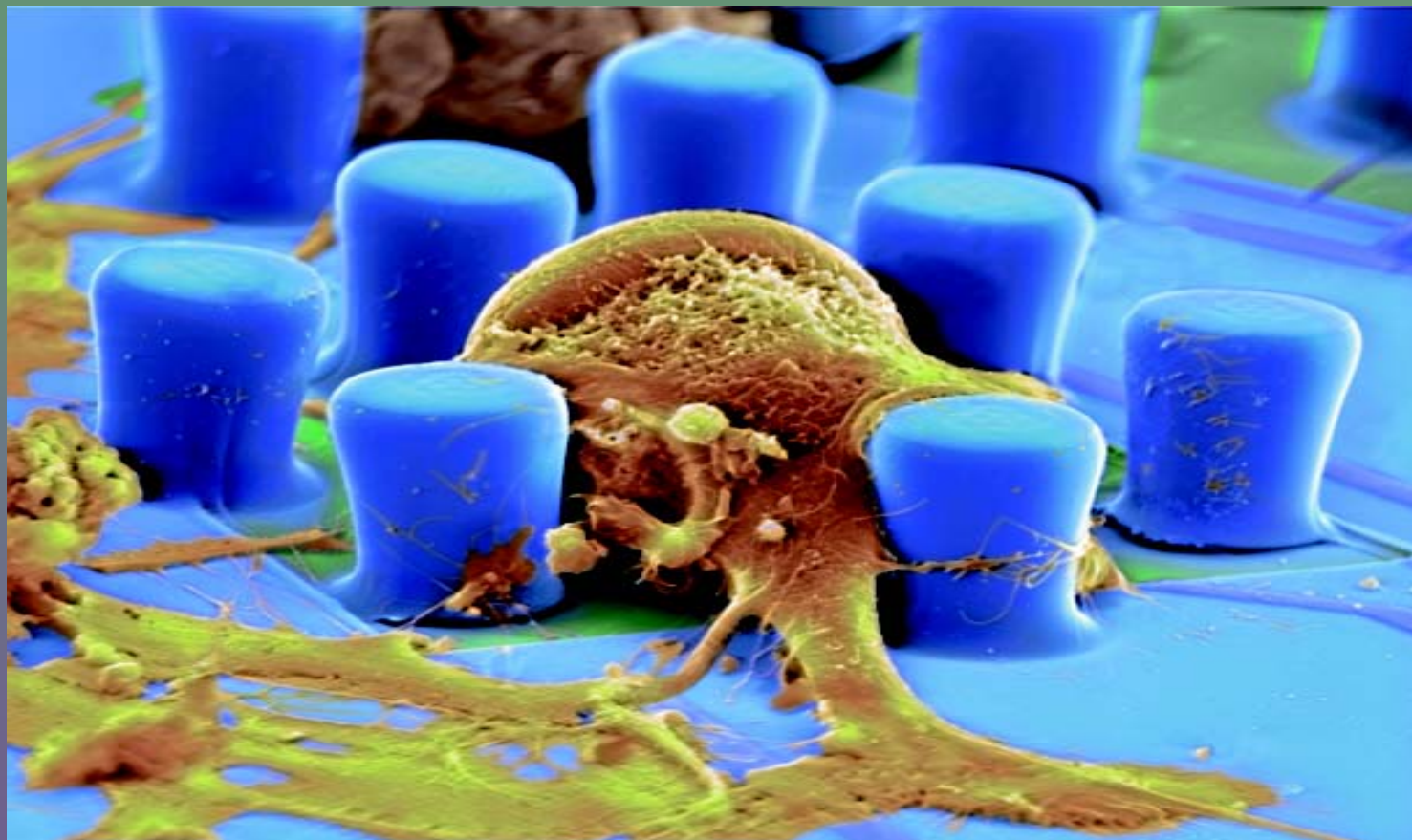
- ⌘ Biológia és gép kommunikálása
- ⌘ Gépi kiegészítők az embereknek
- ⌘ Balesetet szenvedett embereken segítő eszközök

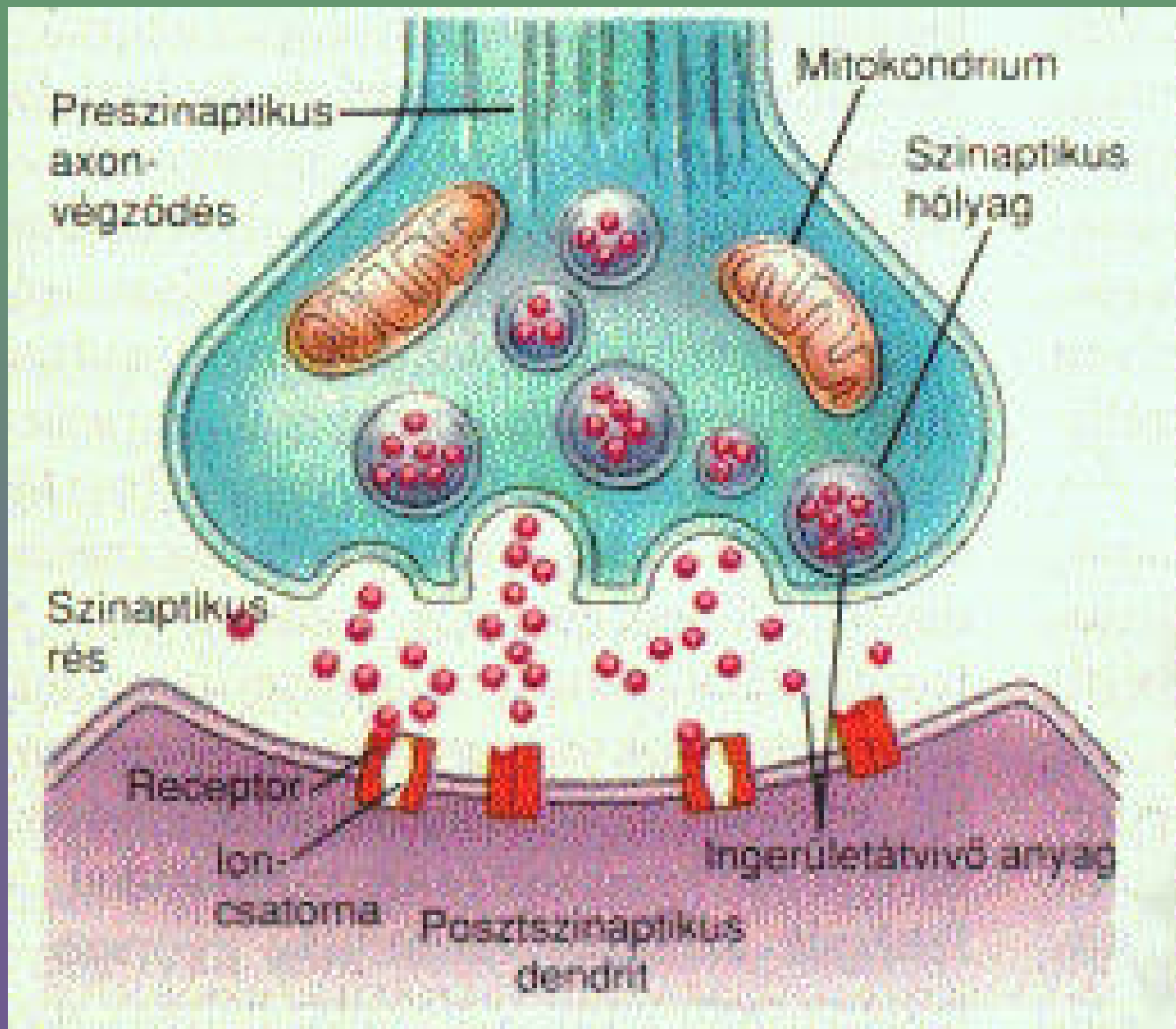


# Peter Fromherz



# Még mindig motiváció ...





# ⌘ A neuronális protézisek lehetnek:

★ hallási protézisek,

🕒 motor protézisek:

☒ végtag protézisek,

☒ ***rehabilitációs eszközök.***

🕒 vizuális protézisek.

# Jellemzők

- ⌘ a **bemenetük** egy biológiai rendszerből származik (vagy a külső környezetből) ;
- ⌘ **információkat dolgoznak fel**;
- ⌘ információkat **továbbítanak** egy biológiai rendszer felé (vagy egy másik mechanikai eszköznek).
- ⌘ Az *információ feldolgozás* három szakasza :
  - ☒ az információ **dekódolása** (értelmezése);
  - ☒ az aktuális bemenet számára szükséges **értékek kiválasztása**;
  - ☒ a feldolgozott **parancsok** (információk) **visszavitele** az aktivátorhoz (biológiai vagy mechanikai).

# Információ feldolgozás

## ⌘ Dekódoló rész

- ☒ érkező adatok értelmezése és átalakítása belső ábrázolásra – könnyen értelmezhető;
- ☒ zaj-szűrő technikák alkalmazása;



# Információ feldolgozás

## ⌘ Feldolgozó rész I.

- ☑ belső ábrázolás
- ☑ Rözgített vagy bizonytalansági modellek használata
- ☑ Az átalakítás : - megadható szabály-rendszerrel,  
- **megtanítható működés alatt.**

## ⌘ Feldolgozó rész II.

- ☑ Az állapotok átalakítása értelmezhető jelekké.
- ☑ alapvető különbség: az átalakítás egyszerűsége.

# Protézisek kontrollja

- ⌘ Biológiai szinten megfelelő *utánzás*;
- ⌘ Az illető szervvel, afferenssel/efferenssel való *kommunikáció*.
- ⌘ **Cél:** megerősítő (vagy javító) *jelek kibocsátása* a központi idegrendszer felé.

# Protézisek kontroll rendszere

Lehetnek:

- ⌘ **nem adaptív rendszerek**: egy *táblázatban* szerepel pl. az, hogy mely izmok aktivitása szükséges adott műveletekhez (*pl. járás, lépcsőzés stb.*);
- ⌘ **adaptív rendszerek**: ez számításba veszi a *környezeti és az izom dinamikai változásait* is.

# Protézisek kontrollja

⌘ Sikeresek a **közelítő** módszerek.

⌘ neuronális hálózat-modellek **előnye**:

☑ lekérdezésre *valós idejű* válasz;

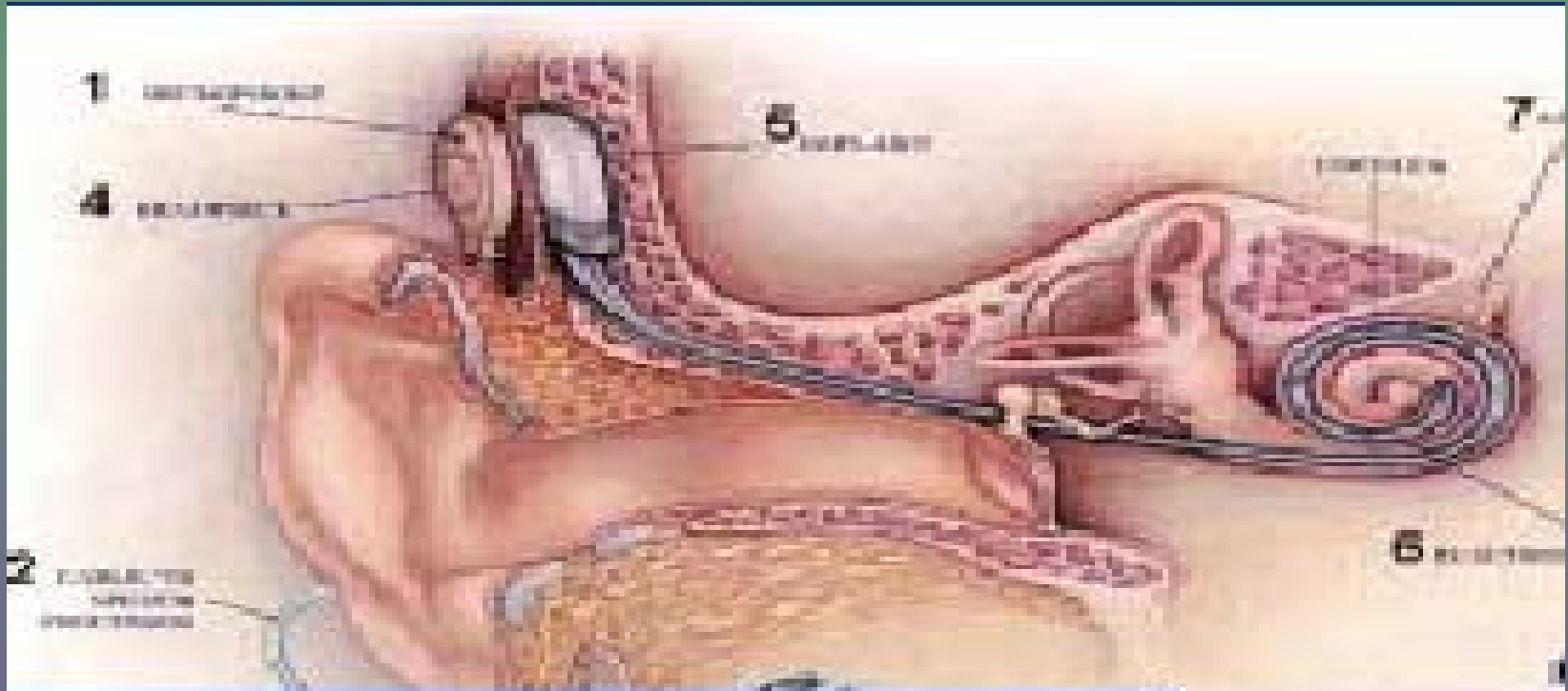
☑ **ön**javítási képesség;

☑ *robosztusság*: megváltozott körülmények között is működőképes.

# Hallási protézisek

- ⌘ **halló sejtek**: mech. impulzus → neuronális jel;
- ⌘ halláskárosulás az *elsődleges hallókortex előtt*  
⇒ **hallóideg-stimulátorokkal** → **hallási érzetek**;
- ⌘ ezen eszközök *sikere változó*; a *teljesítmény javulhat* a beültetést követő években;
- ⌘ *nem alkalmazható* süketen született személyeknél

# Hallási protézisek



- ⌘ N elektródák, sok idegszálát ingerelnek;
- ⌘ Szükség: több, kisebb elektróda, jobb elhelyezés.

# Motor protézisek

## Bevezetés

- ⌘ **funkcionális neuronok ingerlésén** alapulnak;
- ⌘ legfejlettebb vezérlő mechanizmusok: egyszerű kódolás;
- ⌘ közös jellemzőjük a *mozgatóideg aktivitásának rögzítése és ennek átalakítása, osztályozása* értelemmel bíró módon.
- ⌘ closed-loop **mesterséges protézisek**: azonnali válasz egy parancsra.

# Motor protézisek

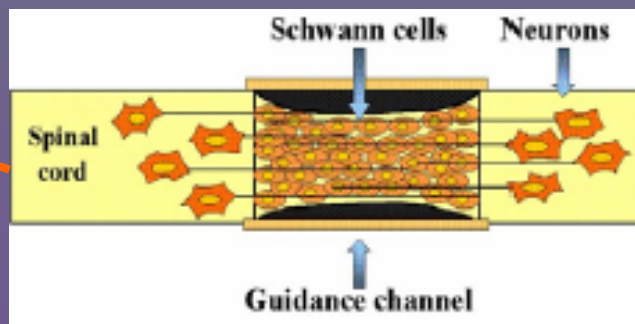
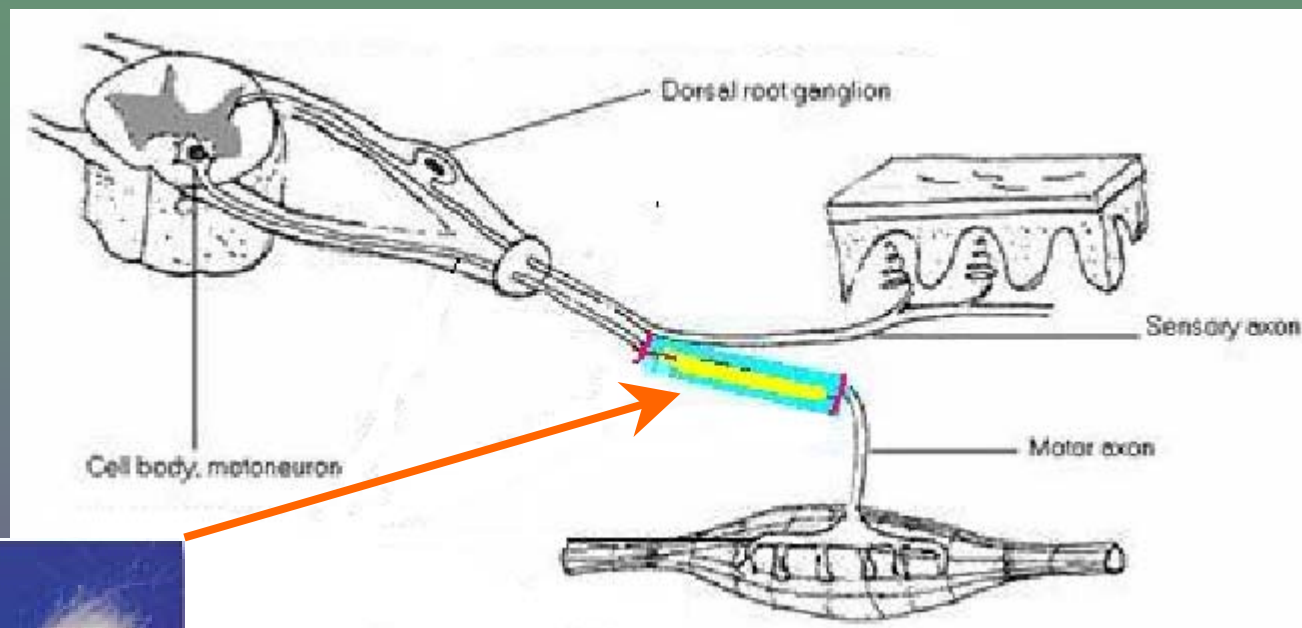
## Rehabilitációs eszközök

- ⌘ egy sérült, de **részlegesen** még **működő** rendszert javítanak ki;
- ⌘ **hátgerinc sérüléseknél** alkalmazzák leghatékonyabban: az eszköz a jeleket egy érintetlen idegből kapja;
- ⌘ **pacemaker**: a meghibásodott időzítést javítja a különböző szívmok között;
- ⌘ **rekeszizom-ideg serkentés**: a meghibásodott tüdőműködést szabályozza.



# Motor protézisek

## Rehabilitációs eszközök



# Motor protézisek

## Vezérlés

- ⌘ *vezérlés* **EMG jelekkel** (elektromiografikus) – az izmok összehúzódásakor keletkeznek;
- ⌘ *Nehézség*: a vezérlendő eszköz **szabadságfokainak** (független mozgás) száma > az egymástól **független jelek** száma, amelyeket a felhasználó könnyen generál.
- ⌘ legtöbb mai protézis – **nyitás/zárás** mozdulatok
- ⌘ jó kézügyességhez = **önállóan mozgatható ujjak**; **csukló** és **könyök** mozgatás.

# Motor protézisek

## Szabadság fokok

- ⌘ *két szabadságfok* = ujj mozgások és nagyujj szembeállítás.
- ⌘ fogásra csak kevéssé alkalmasak – nem lehetséges a tárgyak körülfogása ⇒ megtartásukhoz *pontos megfogás* szükséges.
- ⌘ **önszabályozó fogási képesség** – kis számú indítószerkezet és megkülönböztető szerkezetek, amelyekkel nagy számú szabadságfok kezelhető.

# Motor protézisek

## Példa

⌘ *1. Kép: Az RTR II kéz protézis három ujjal (középső-, mutató- és nagyujjal) és összesen kilenc szabadságfokkal rendelkezik, két motorral;*



☒ *Helyzetérzékelők;*

☒ *feszültségmérő a mutatóujjat mozgató huzalon;*

☒ *Erő-érzékelő a nagyujj ujjbegyén.*

# Motor protézisek

## Mesterséges érzékelési rendszer

⌘ *Szerepe:*

☑ **bemeneti jeleket** biztosít a fogási mozdulat vezérlőjének → a fogás helyi és önálló vezérlése;

☑ **érzékelési jeleket** generál a felhasználó számára.

⌘ *Kísérletsorozat:* az amputált személy *kognitív visszajelzést* kap a végrehajtott fogási feladatról.

# Motor protézisek Továbbfejlesztés

⌘ Feladatok:

★ több szabadságfokot engedélyezése;

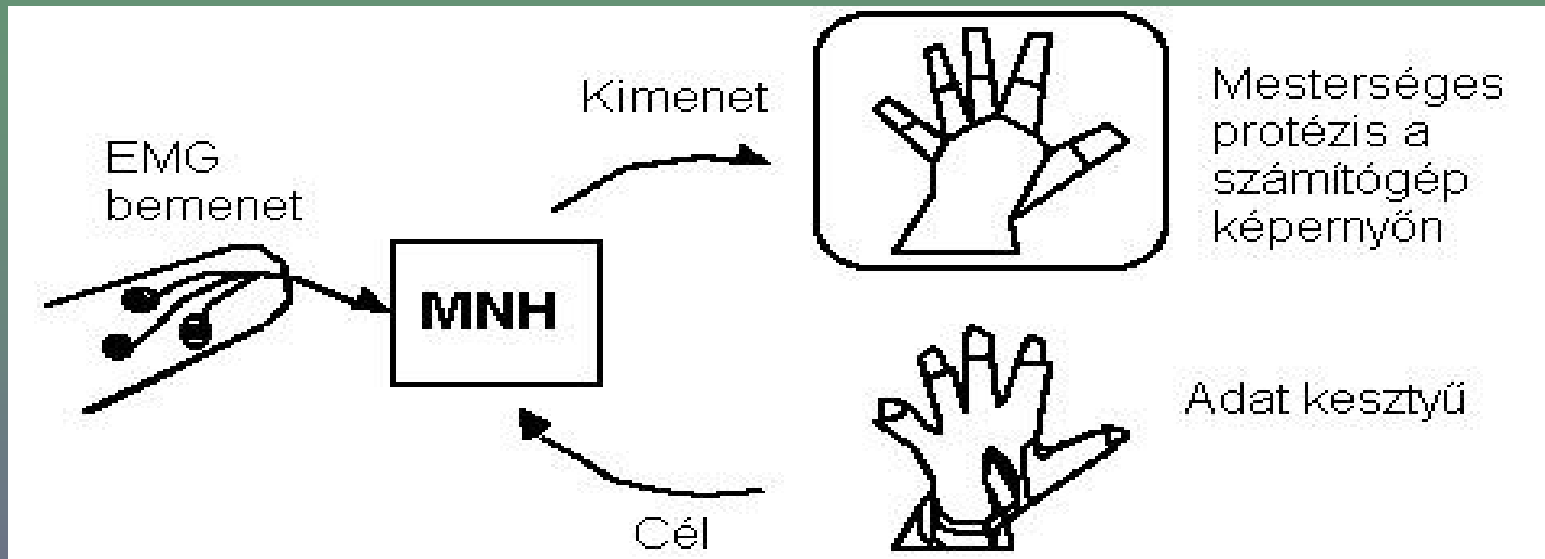
🕒 fejlettebb protézisvezérlők tervezése.

⌘ Egy lehetőség: a hiányzó szervhez tartozó idegek közvetítette neuronális vezérlés.

⌘ **PI.** kar megmaradt részének *izom működése* kapcsolatban áll a *protézis óhajtott tevékenységével*.

# Motor protézisek

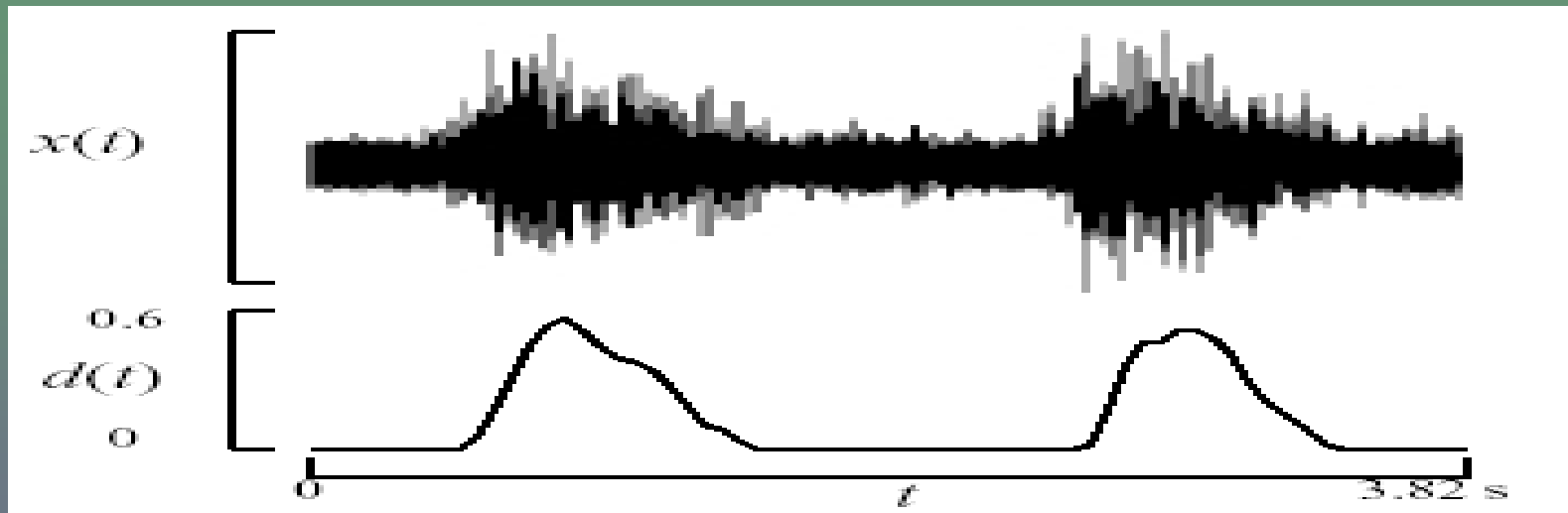
## Kísérleti protézis



- ⌘ a rendszer **alapelve**: EMG jeleket rögzítése → előfeldolgozás → SOM klasztrerező → klaszter-cselekvéssor megfeleltetés.
- ⌘ Megfeleltetés szimulációval.

# Motor protézisek

## Kísérleti protézis



⌘ EMG jelek rögzítése → bipoláris erősítő → PC –  
8 kHz-en digitálissá alakítja a jeleket.

★ *ábra*: a mutatóujjat kétszer hátra és előre  
mozdították.

🕒 lényeges információk szűrése.



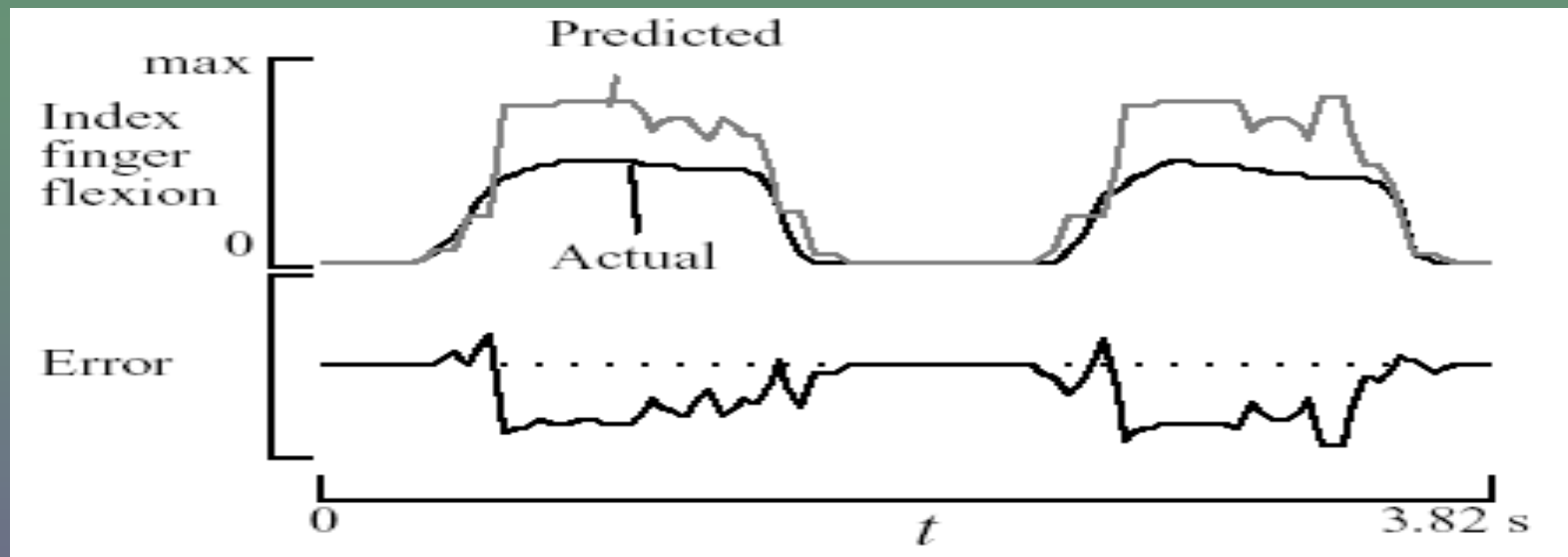
# Motor protézisek

## Kísérlet

- ⌘ páciens – elképzeli, hogy a bal kezét mozgatja.
- ⌘ Az egészséges jobbkez helyzetét egy adatkesztyű rögzítette, EMG jelek rögzítése
- ⌘ A *különbség kisebb*, mint ami egy protézis kezeléséhez szükséges.

# Motor protézisek

## Kísérleti protézis



- ⌘ a hálózat minden csomópontját hozzárendeljük a megfelelő kéz helyzetéhez.
- ⌘ szabványos SOFM hálózatok  $\leftrightarrow$  nőtt az osztályozás tanulási *gyorsasága és helyessége*.

# Vizuális protézisek

- ⌘ a nappali és az éjszakai látás alapvető egységei a **rod** és **con receptorok** – kor, örökletes működési veszteség vagy az élet során keletkezett sérülés miatt károsodhatnak;
- ⌘ a *károsodás* általában a *retinában vagy annak közelében* (az elsődleges vizuális cortex előtt) keletkezik ⇒ a látás visszaállítható egy olyan neuronális protézissel, amellyel **elkerülhető a retinabeli feldolgozás**.
- ⌘ *Céljuk*: olvasás, arc felismerés, tájékozódás új helyeken.
- ⌘ Nem helyettesíti az valódi látást: színek, távolság, anyagok stb.

# Vizuális protézisek

## Első próbálkozások

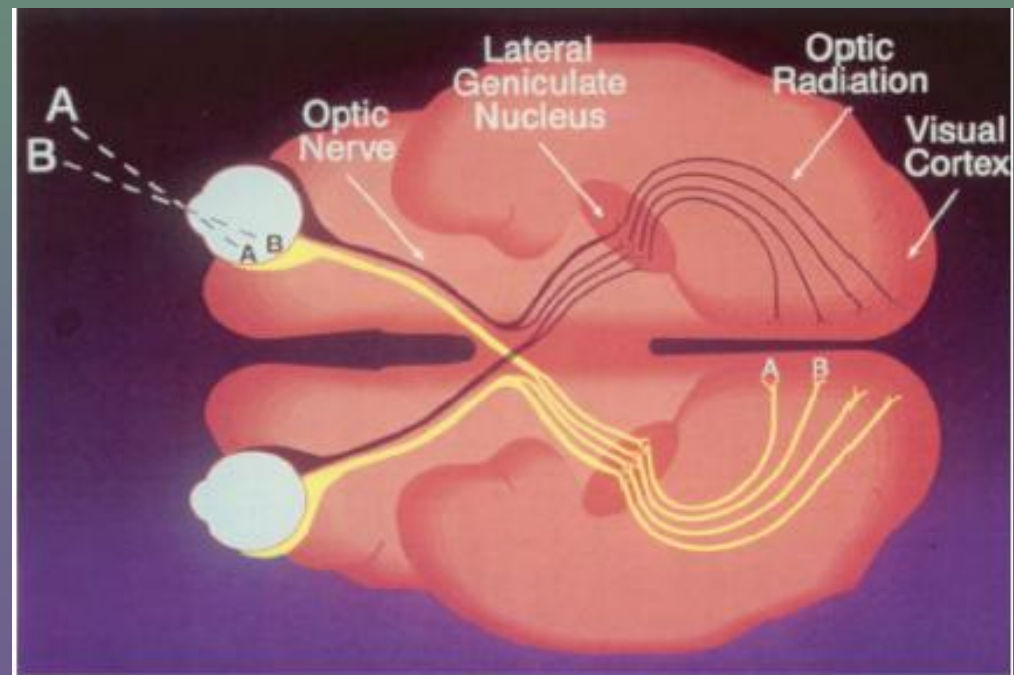
- ⌘ *Brindley* (1972), *Dobelle* (1974)
- ⌘ 57 ill. 76 elektróda az occipitális lebeny felett → *phosphenes*
- ⌘ elektródák stimulálási felülete nagy ( $1 \text{ mm}^2$ ) ⇒ 1-3 mA áram, agyszövet terjesztette ⇒ zavarok csökkentésére 3 mm távolság elektródák között ⇒ **körök** az egyes világos pontok körül
- ⌘ *intrakortikális stimuláció* esetén zavarok nem jelennek meg – elektródák csak a közvetlen közelükben lévő neuronokat stimulálják → kisebb árammal ( $\mu\text{A}$ ) **pontszerű látási képzetek**, elektródák távolsága  $500 \mu\text{m}$ .

# Vizuális protézisek

## Biológiai alapok

*Látási rendszer szerepe:* beérkező fotonok → jelek idegrendszer számára, kb. 100 msec.

- ⌘ **Retina:** fotonok (biokémiai folyamatok a 10 billió sejtben) → elektromos feszültség;
- ⌘ **Ganglion sejtek:** → láncolatokká (digitális jelek) → látó ideg → thalamus megfelelő része;
- ⌘ **V1:** kétszeműség, gyorsaság, tájékozódás, körvonalak;
- ⌘ **Magasabb látó központok:** arcok, mozgás, kifejezőmód



# Vizuális protézisek

## Biológiai alapok

### ⌘ Vakság *okai*:

- ☒ fény energia  $\rightarrow$  biológiai jelek;
- ☒ biológiai jelek nem jutnak el az agyhoz.

### ⌘ Hol képezhető mesterséges látás?

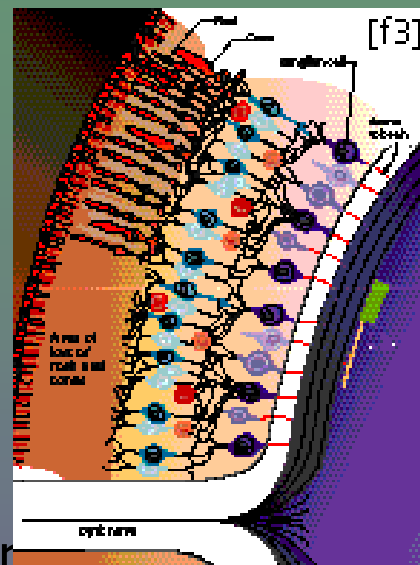
- ☒ **Retina, látó ideg, agy;**

### ⌘ *Következtetések:*

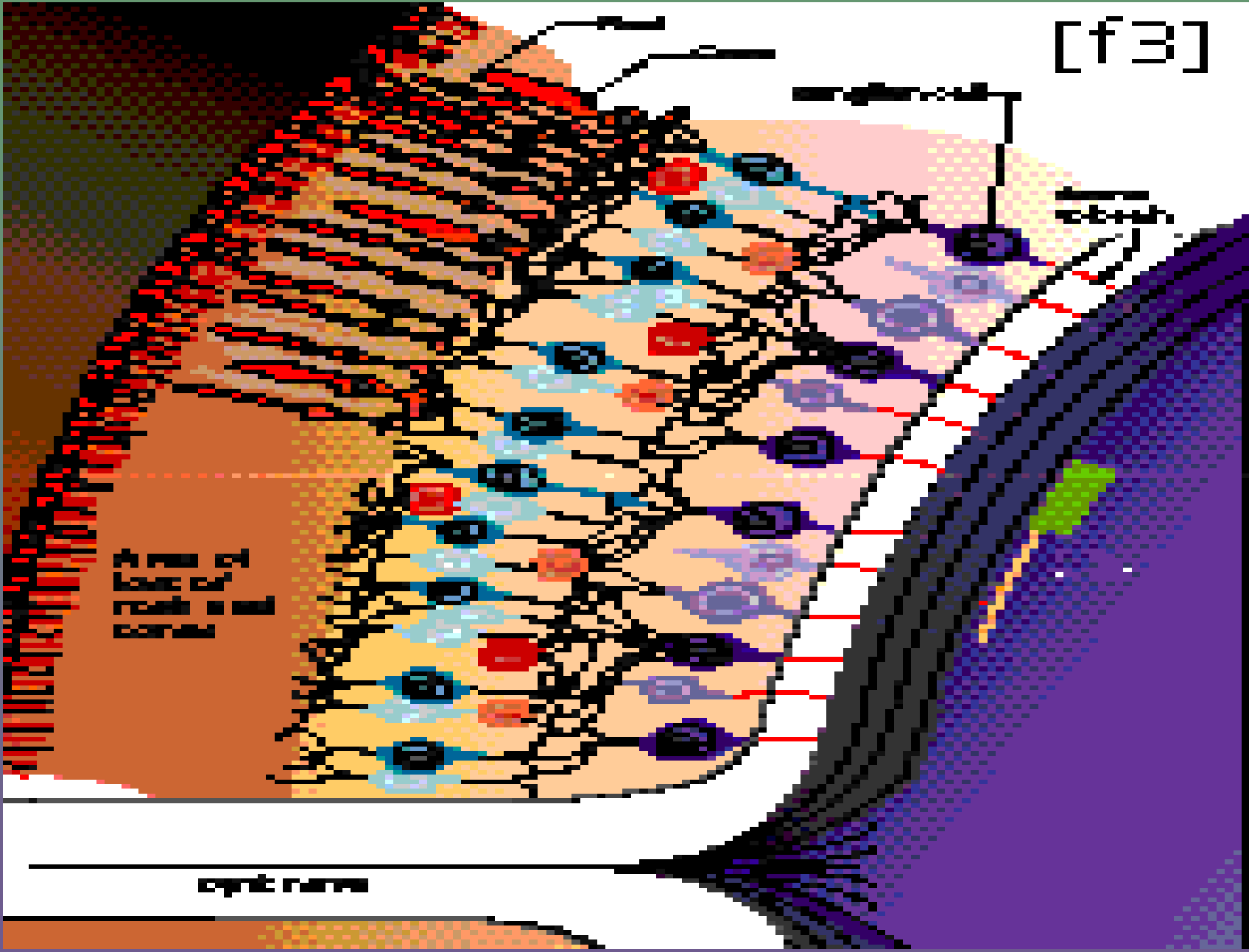
- ☒ A vakság nem teszi tönkre a teljes látási rendszert;
- ☒ Fotonok helyett *elektronokkal* is képezhető látási érzet;
- ☒ *Hogyan mintázzuk* az elektromos stimulációt, hogy racionális látási képzetek keletkezzenek.

### ⌘ *Protézisek típusai:*

- ☒ **retina implantátumok,**
- ☒ **kortikális implantátumok.**



[f3]



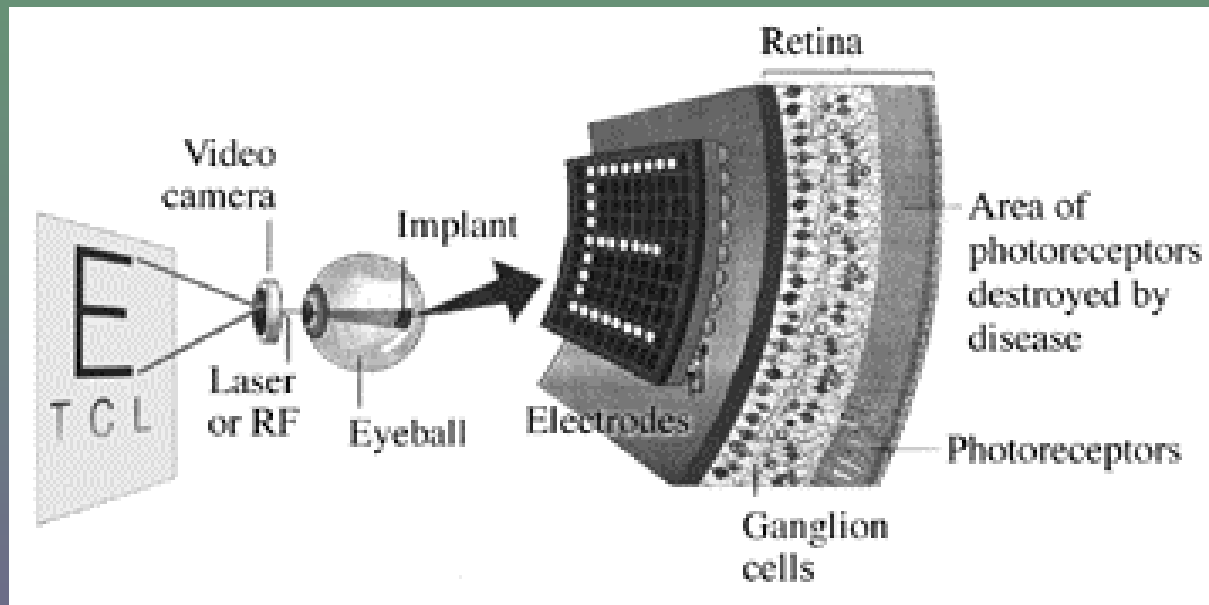
Legend for eye parts:

- 1. Cornea
- 2. Aqueous humor
- 3. Iris
- 4. Lens
- 5. Vitreous humor
- 6. Retina
- 7. Optic nerve
- 8. Macula
- 9. Blind spot
- 10. Choroid
- 11. Sclera

optic nerve

# Vizuális protézisek

## Retina implantátumok



⌘ egy **mikrochippet** ültetnek be a **retina felületére** (a szemgolyóba - vitreous body) amelyet a feldolgozó neuronokhoz kapcsolnak. Az implantátumnak közvetlen kapcsolata van a ganglion sejtekkel → az elveszett cone és rod sejtektől várt bemenet pótolható.



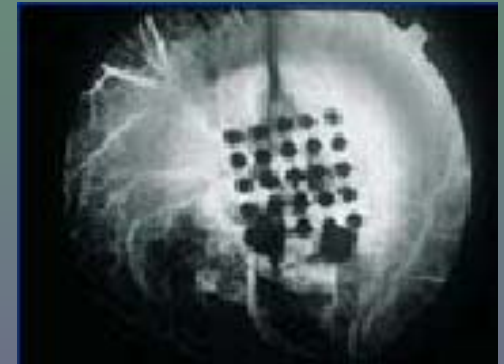
# Vizuális protézisek

## Retina implantátumok

⌘ *Kihívás:* **hosszú-távú retina implantátum.**

⌘ *Nehézségek:*

- ☒ biokompatibilitás;
- ☒ stabil energiaforrás;
- ☒ ne károsítsa a retinát.

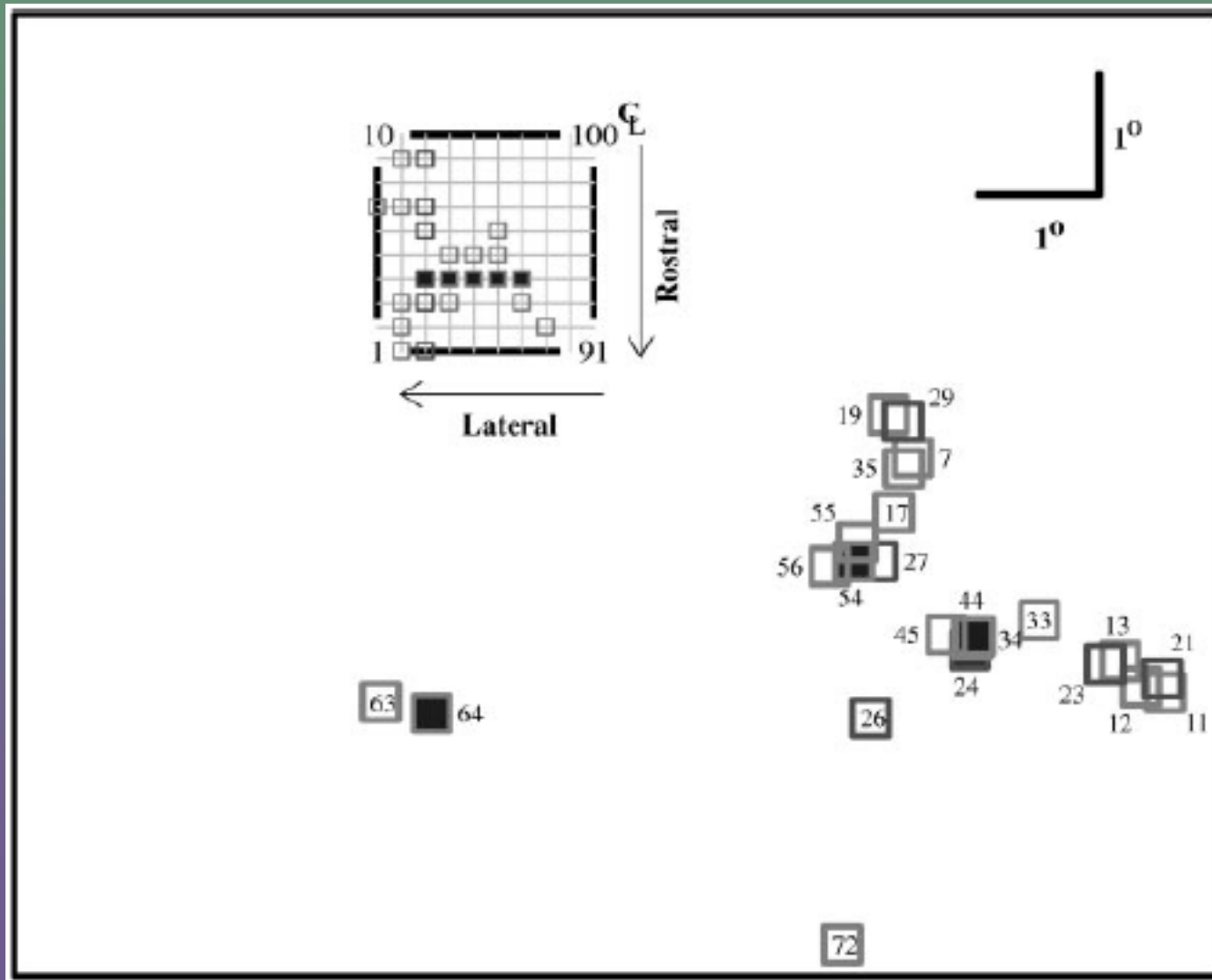


⌘ Nagy *centrifugális erő* hat a chipre → retina sérülése, eszköz meghibásodása;

⌘ az elektrodák a **látó idegszálakat** ingerlik, nem a idegsejt-testeket ⇒ látási képzet pontjainak **kaotikus elrendeződése** a térben.

# Vizuális protézisek

## Retina implantátumok



- ⌘ Egy macska vizuális kortexének a receptív-mező térképe, melyet szimultán rögzítettek egy elektróda tömbből.
- ⌘ Négyzetek = a megjelenő látási képzetek valószínűsített helye.

# Vizuális protézisek

## Kortikális implantátumok

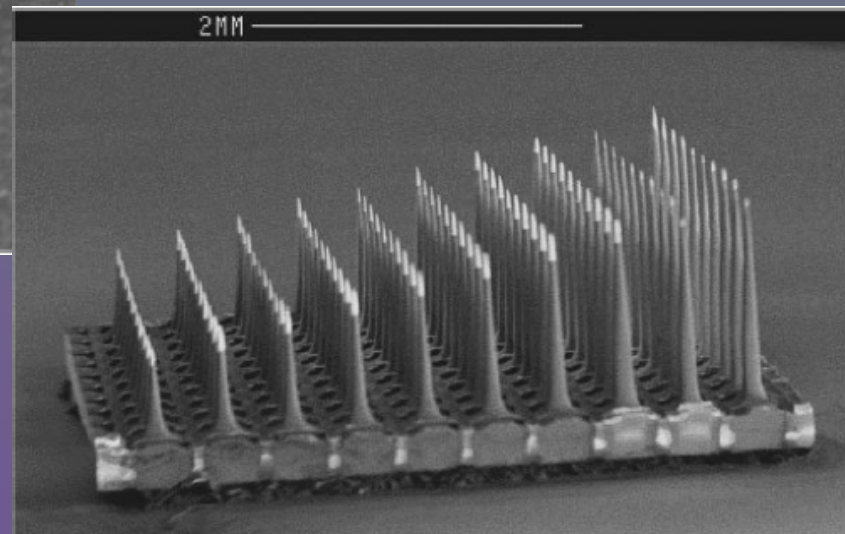
- ⌘ szilikon elektródát ültetnek be közvetlenül az agy feldolgozó területére (az elsődleges vizuális kortexbe – V1);
- ⌘ a módszer a *V1, ingerelhetőségén* alapszik.
- ⌘ “phosphene” – a megjelenő *látási érzetek*
- ⌘ *Hátránya*: elkerüli a retinális feldolgozó rendszert. → fejlett mesterséges feldolgozási szakasz szükséges.
- ⌘ Jelenleg ez a feldolgozás minimális ← az összekötő eszköz kapacitása minimális (40x40 pixel) – gyenge tájékozódóképesség.

# Vizuális protézisek

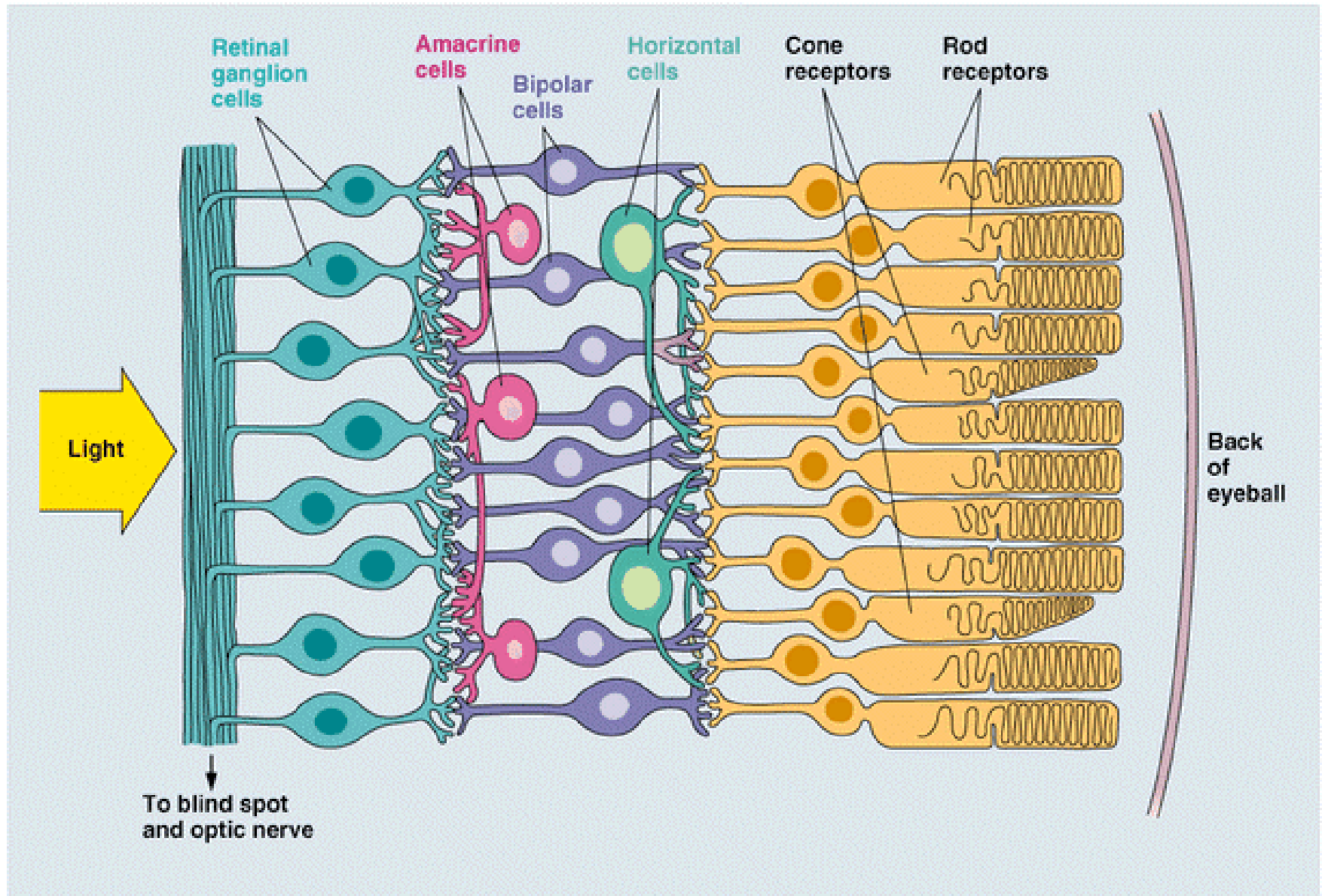
## Kortikális implantátumok

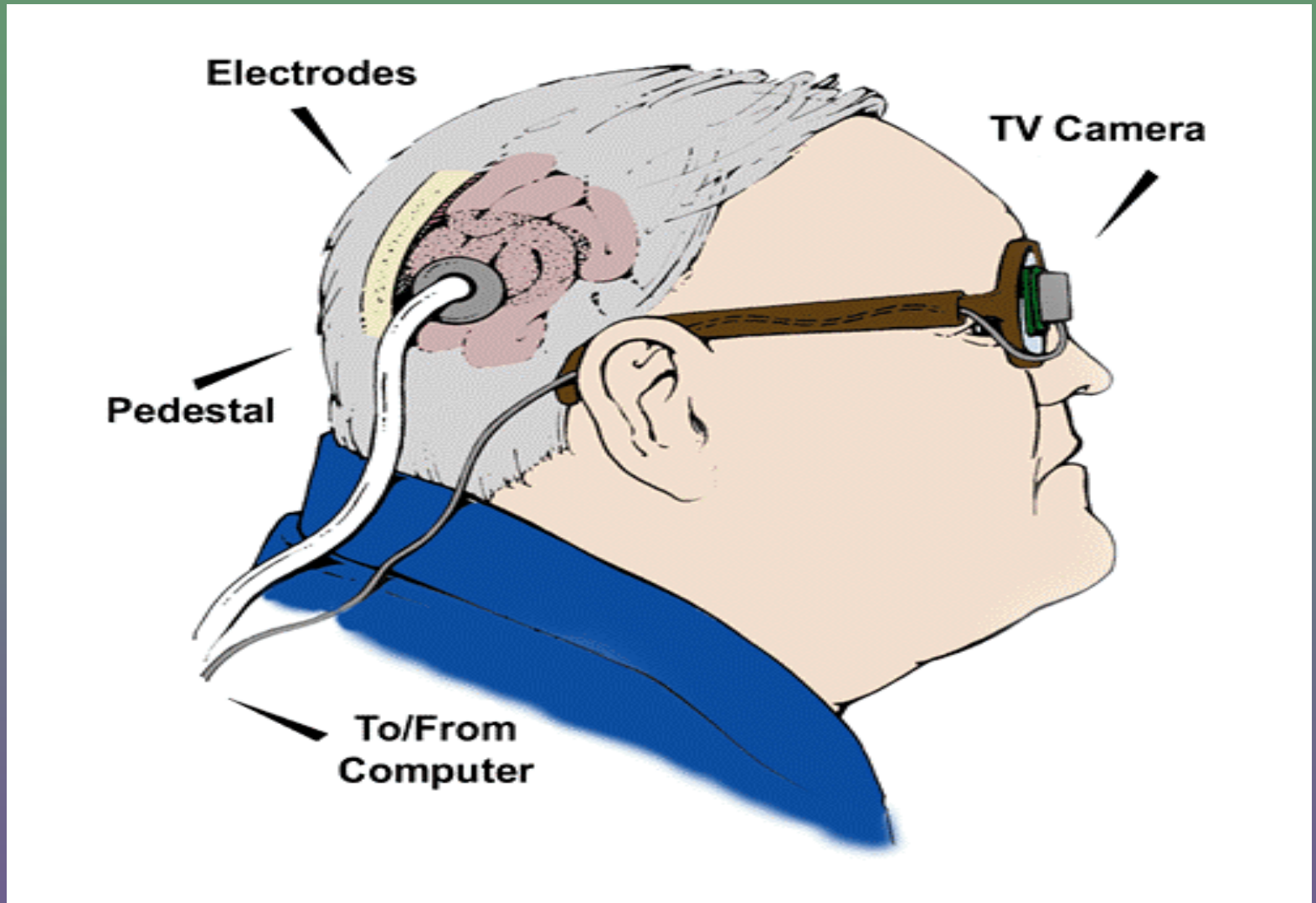


Utah típusú  
elektródák



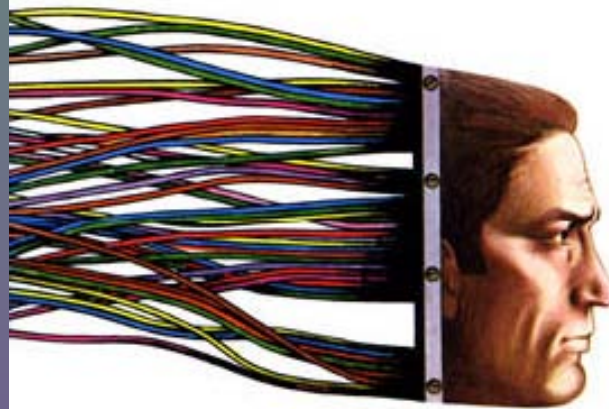
## ► Cellular Structure of the Mammalian Retina





# THE TERMINAL MAN

A NOVEL BY  
MICHAEL CRICHTON



<http://www.cs.brown.edu/people/black/>  
**Michael Black – see also saved PDF**