



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet elektrotehnike i računarstva
Biomedicinska instrumentacija



Biomedicinska instrumentacija

P3 – Rehabilitacija sluha i umjetna pužnica

Ak.god. 2009./2010.

prof.dr.sc. Ratko Magjarević

Osjetila i receptorski potencijali

- Osjetila pretvaraju vanjske informacije u električne impulse pogodne za prijenos i obradbu u živčanom sustavu.
- Osjetila se mogu podijeliti na:
 - mehanoreceptore (dodir, tlak, sluh)
 - termoreceptore (toplina, hladnoća)
 - kemoreceptore (miris, okus, reakcije na O_2 i CO_2)
 - fotoreceptore (vid)
 - nociceptore (bol)

Sluh

- Zbog nemogućnosti razmatranja instrumentacije vezane za svaki osjet, u okviru predavanja obradit ćemo (samo) uređaje koji omogućuju pojačavanje osjeta sluha.

Sluh

- Sluh je osjetilni modalitet koji omogućuje slušanje zvuka.
- Ljudsko uho zamjećuje frekvencije od 16 Hz do 20 kHz u rasponu intenziteta između 0 dB i 120 dB.
- Primjer:
 - govorno frekvencijsko područje je između 500 Hz i 3000 Hz
 - intenzitet šaptanja je 30 dB, uličnog prometa 70 dB, bušilice 110 dB, a zrakoplova na pisti čak 130 dB
 - u čovjeka nastaje neugoda zvuka i bol pri intenzitetu od 140 dB
 - sazrijevanjem i starenjem se slušno polje smanjuje frekvencijom i intenzitetom.

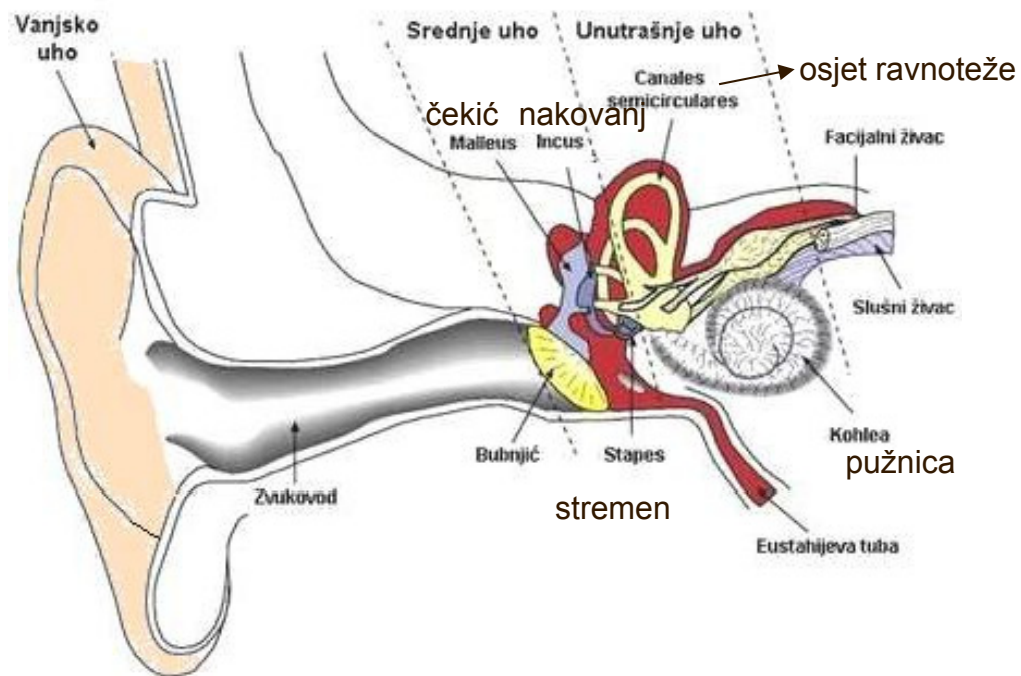
Oštećenje sluha

- Oštećenje nastaje odmah po rođenju (prelingvalno) ili poslije razvoja govora (postlingvalno)
- Uzrok:
 - nasljedne bolesti
 - meningitis
 - toksičko djelovanje nekih lijekova
 - buka
 - trauma

Rehabilitacija sluha

- a) Oralne metode – npr. verbotonalna metoda rehabilitacije sluha (vidi akademik Petar Guberina, SUVAG). Pronalazi se optimalno slušno polje na kojeg se usmjerava slušanje i govor i odabire odgovarajuće slušno pomagalo
- b) Neoralne metode

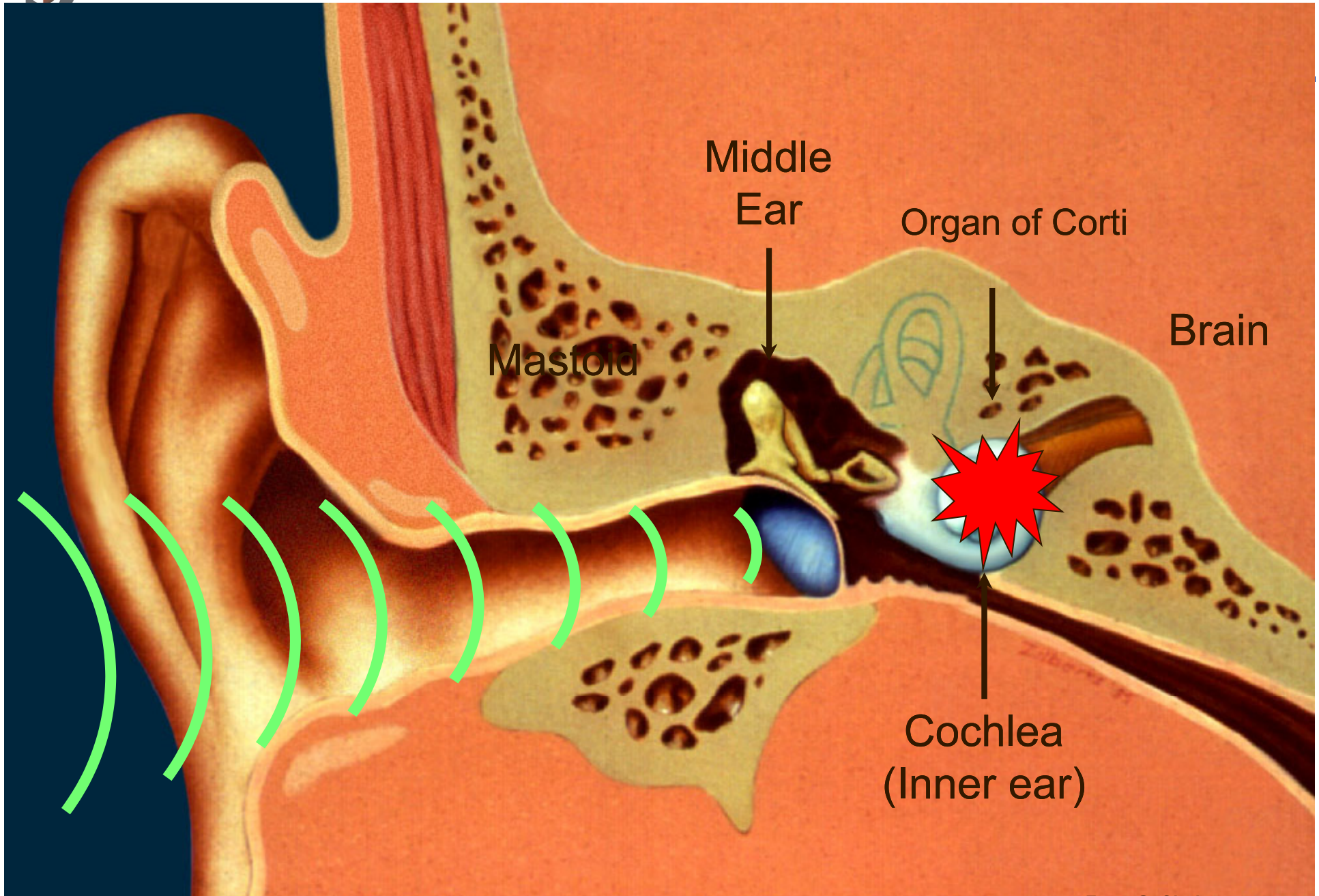
Građa uha



Uho sastoji od tri djela:

- vanjskog,
- srednjeg i
- unutarnjeg uha

Kod osoba s normalnim sluhom, akustički valovi prodiru zvukovodom do bubnjića i malih koščica u srednjem uhu.

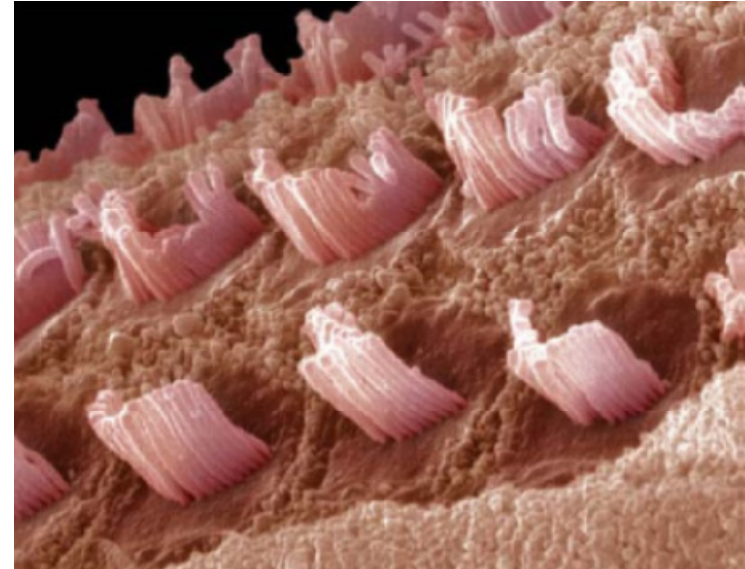


Pužnica

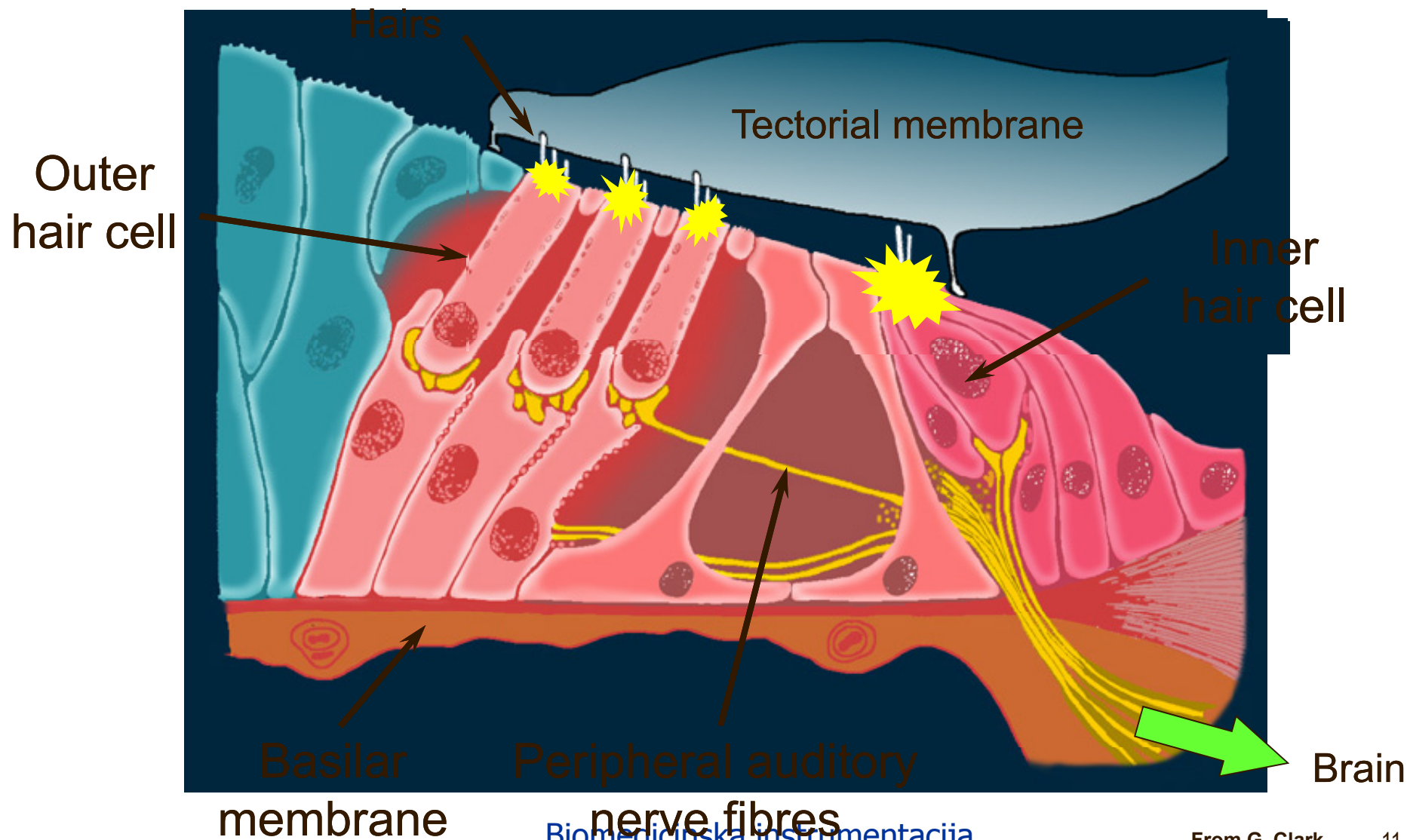
- Pužnica (kohlea, lat. *cochlea*) je složena koštana i opnasta struktura za percepciju zvuka, smještena u sljepoočnoj kosti glave
- Ima oblik pužje kućice, s 2,5 zavoja
- U pužnici vibracije zvuka prelaze preko membrane nazvane bazilarna membrana i pretvaraju se u električke impulse zahvaljujući Cortijevom organu. Membrana filtrira zvukove tako da više frekvencije izazivaju najjače vibracije na bazalnom, a niske frekvencije na vrhu pužnice.
- U pužnici postoji 3.400 unutarnjih i 12.000 vanjskih osjetnih stanica, poredanih u tri do pet redova.
- Osjetilne stanice inervira oko 30.000 ganglijskih stanica slušnog živca.

Cortijev organ

- Dlačice (lat. *stereocilia*) na stanicama u Cortijevom organu (koje su osjetila zvuka) uslijed vibracija pomiču se naprijed-natrag
- Pomicanje uzrokuje pojavu električkih signala na završecima živaca
- Električki signali informaciju o zvuku odvođe u mozak gdje se ona dekodira kao zvuk, govor i sl.



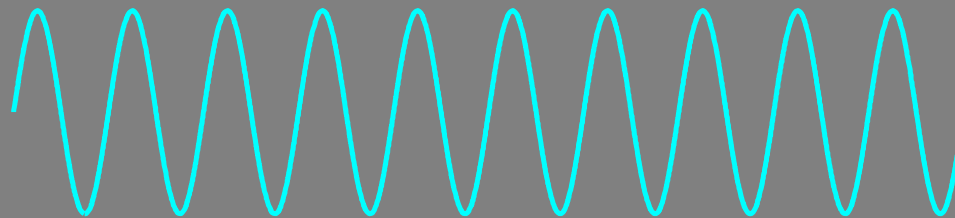
Građa Cortijeve organa



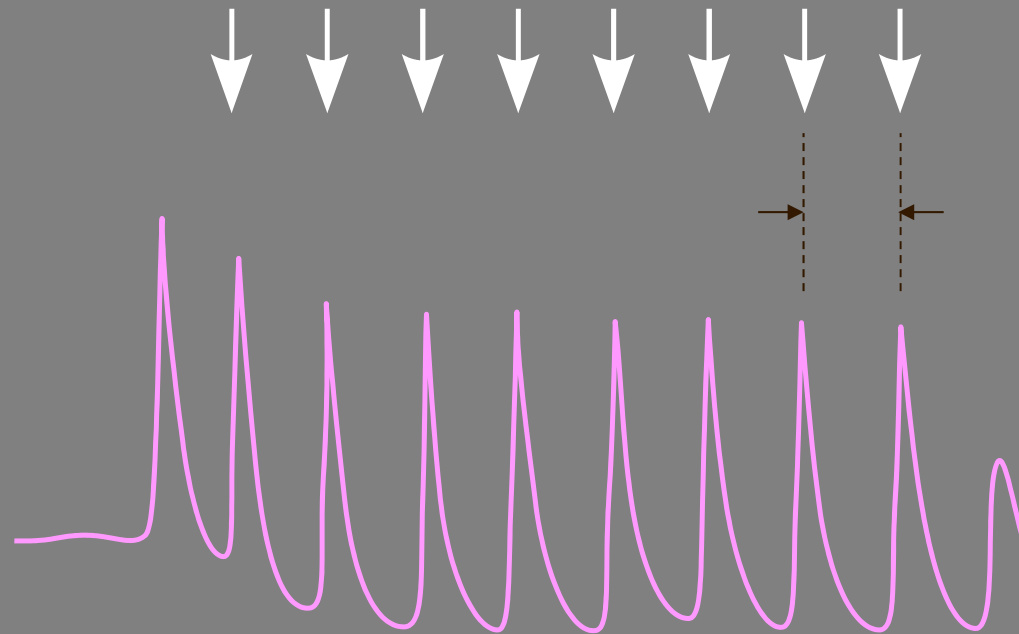
Vremensko kodiranje

- Pretpostavlja se da frekvencija zvuka odgovara frekvenciji akcijskih potencijala u auditornim živcima

500Hz Sound Wave

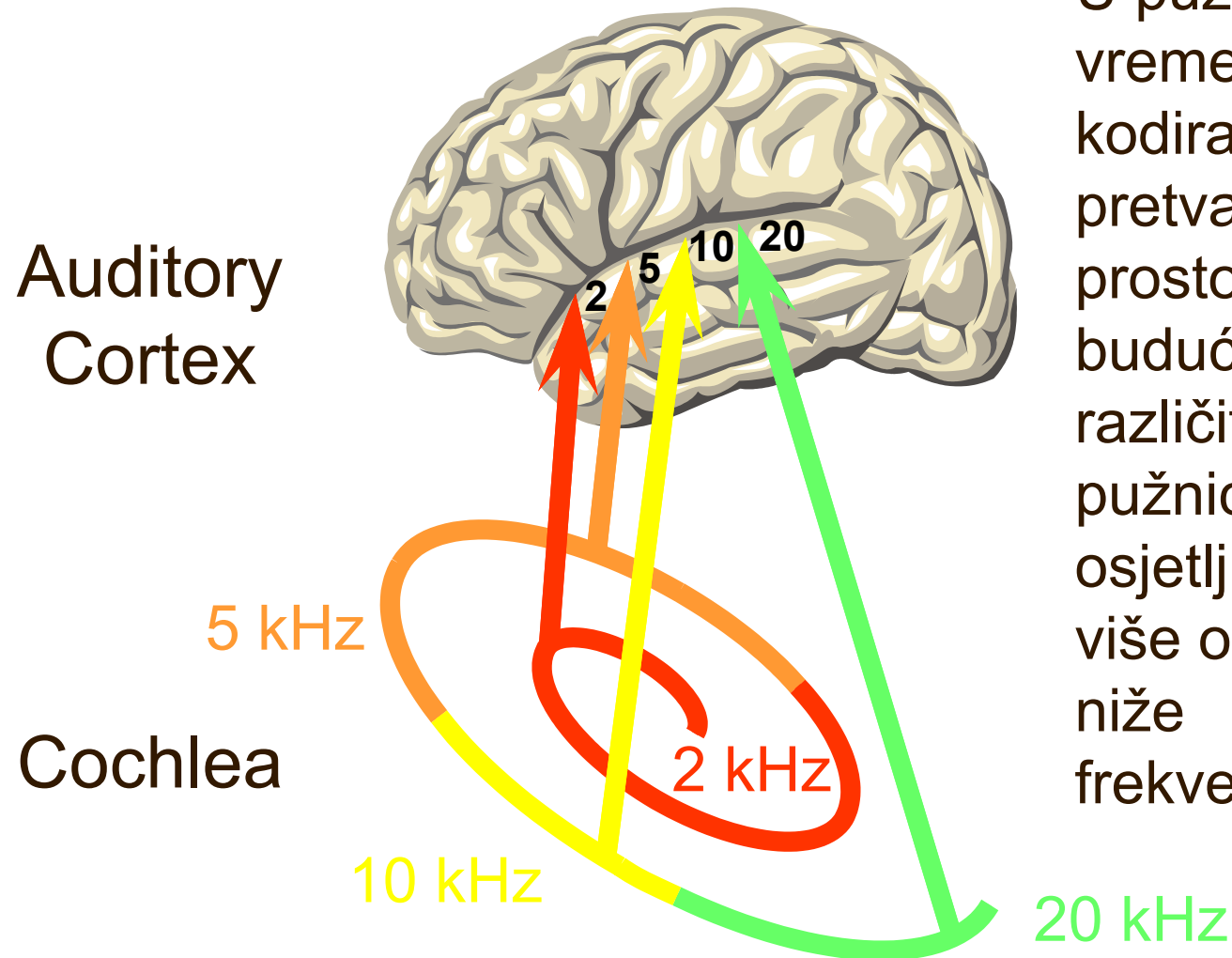


Auditory Brainstem
Action Potentials



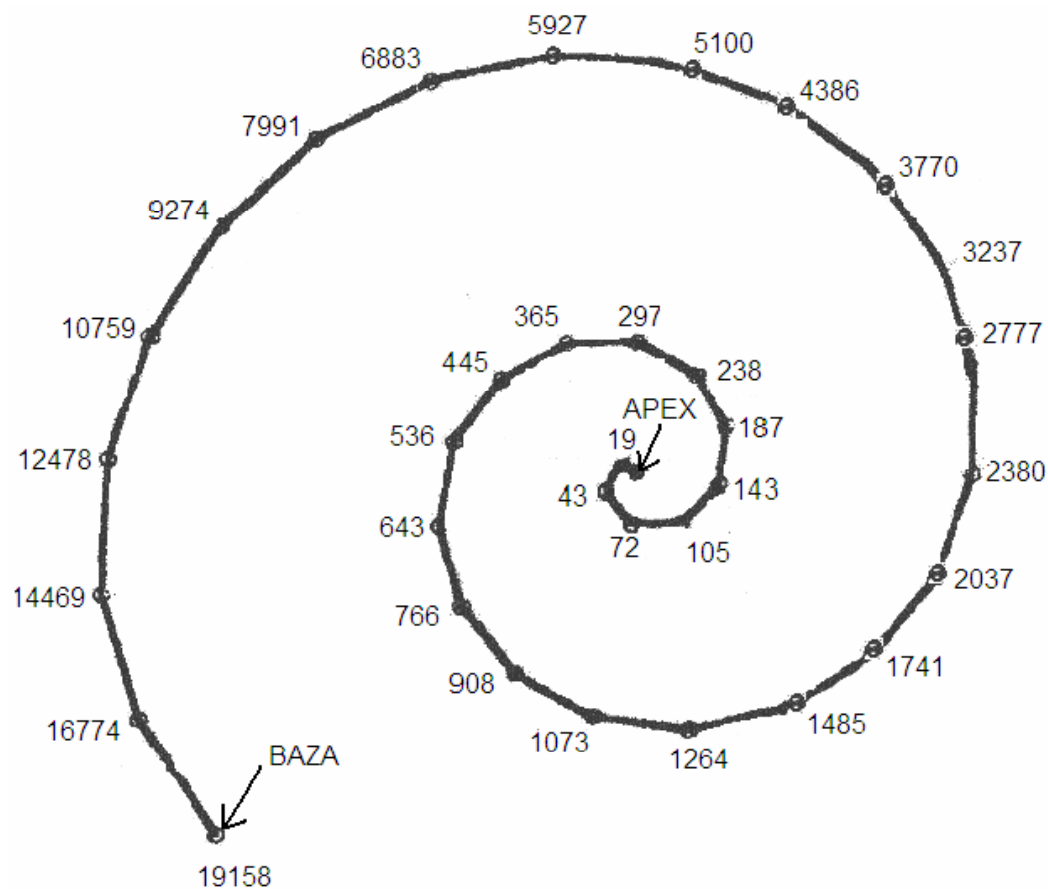
Clark (1969)

Prostorno kodiranje



U pužnici se vremensko kodiranje pretvara u prostorno, budući da su različiti dijelovi pužnice osjetljiviji na više odnosno niže frekvencije.

Frekvencijska područja u pužnici



Oštećeni sluh

- Osobe oštećenog sluha imaju djelomično ili potpuno oštećene i vanjske i unutarnje osjetilne stanice
- Potrebno je premostiti oštećene osjetne stanice
- Pojedine frekvencije zvuka podražuju samo one osjetne stanice koje se nalaze na specifičnim mjestima unutar pužnice.

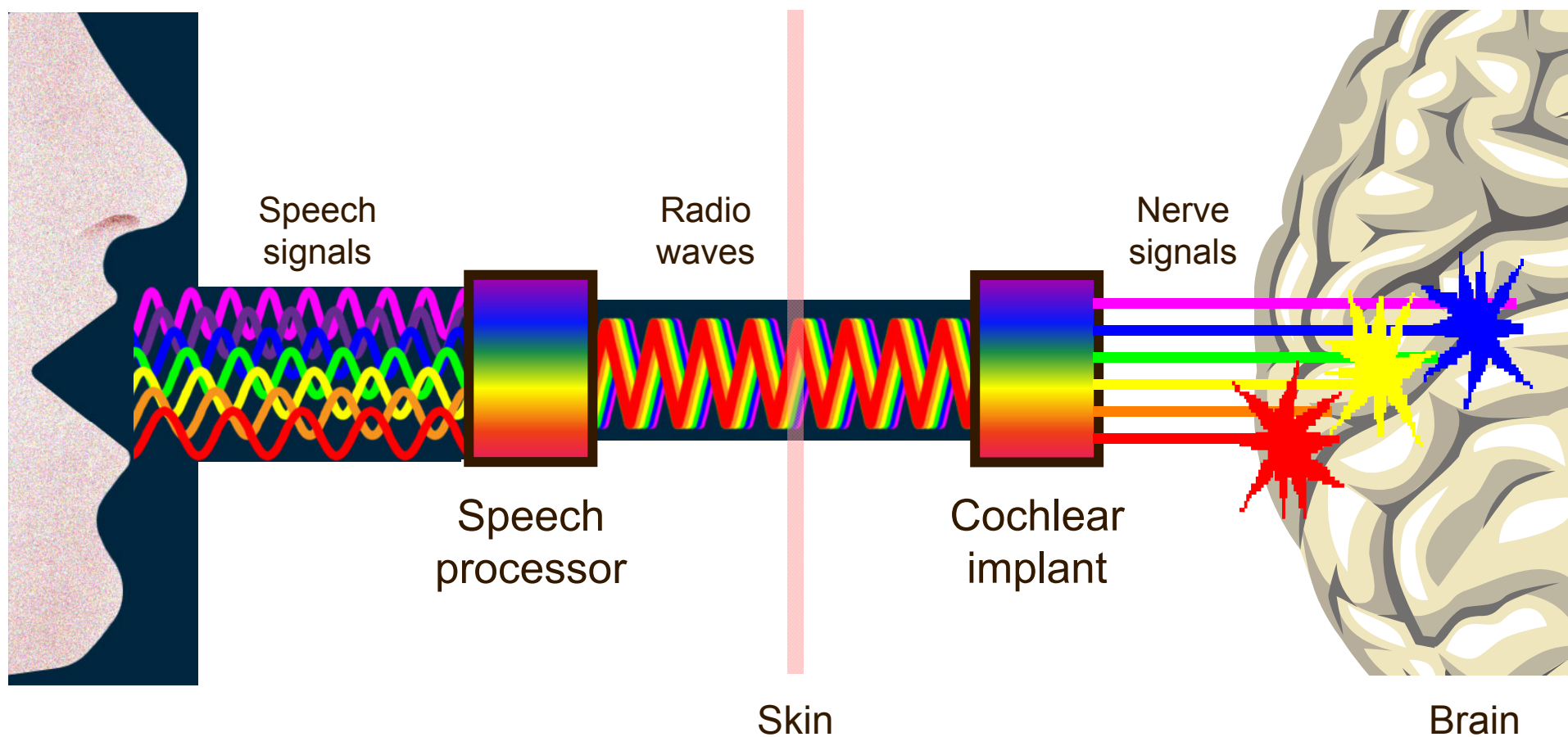
Indikacije za ugradnju

- Za ugradnju umjetne pužnice mora postojati obostrana gluhoća
- Prag sluha je ispod 93 dB
- Starost osobe oštećenog sluha mora biti najmanje dvije godine, dok gornje dobne granice nema

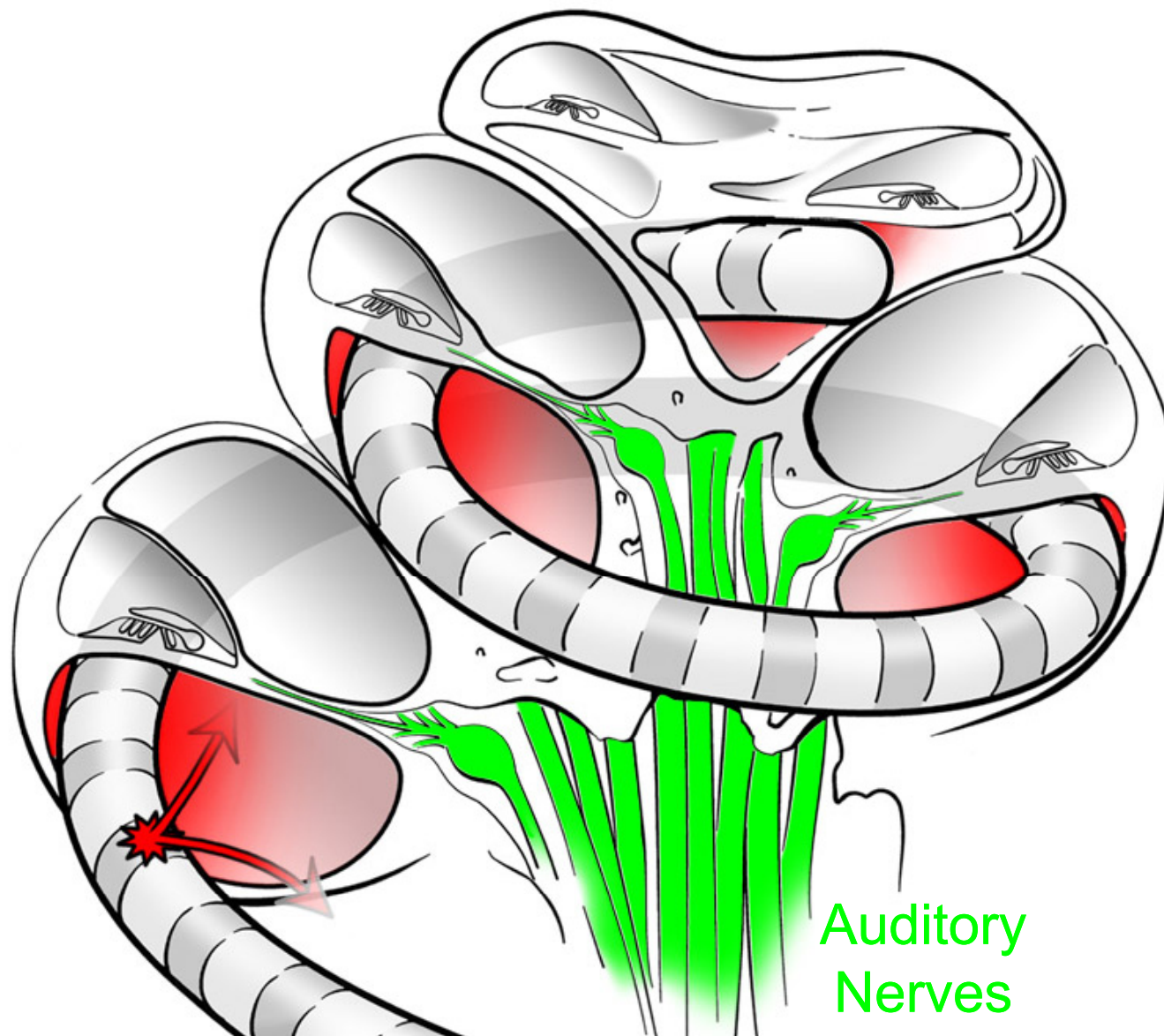
Umjetna pužnica

- Umjetna pužnica (kohlearni implantat) je elektronički uređaj koji omogućuje slušanje osobama oštećenog sluha
- Radi na načelu pretvaranja zvučnih signala u električne
- Putem elektrode ugrađene u pužnici el. impulsi prenose se preko oštećenih osjetilnih stanica na završetak slušnog živca, na moždano deblo, sve do slušne kore mozga
- Umjetna pužnica značajan je napredak u odnosu na tzv. slušni aparat, koji je samo audio-pojačalo

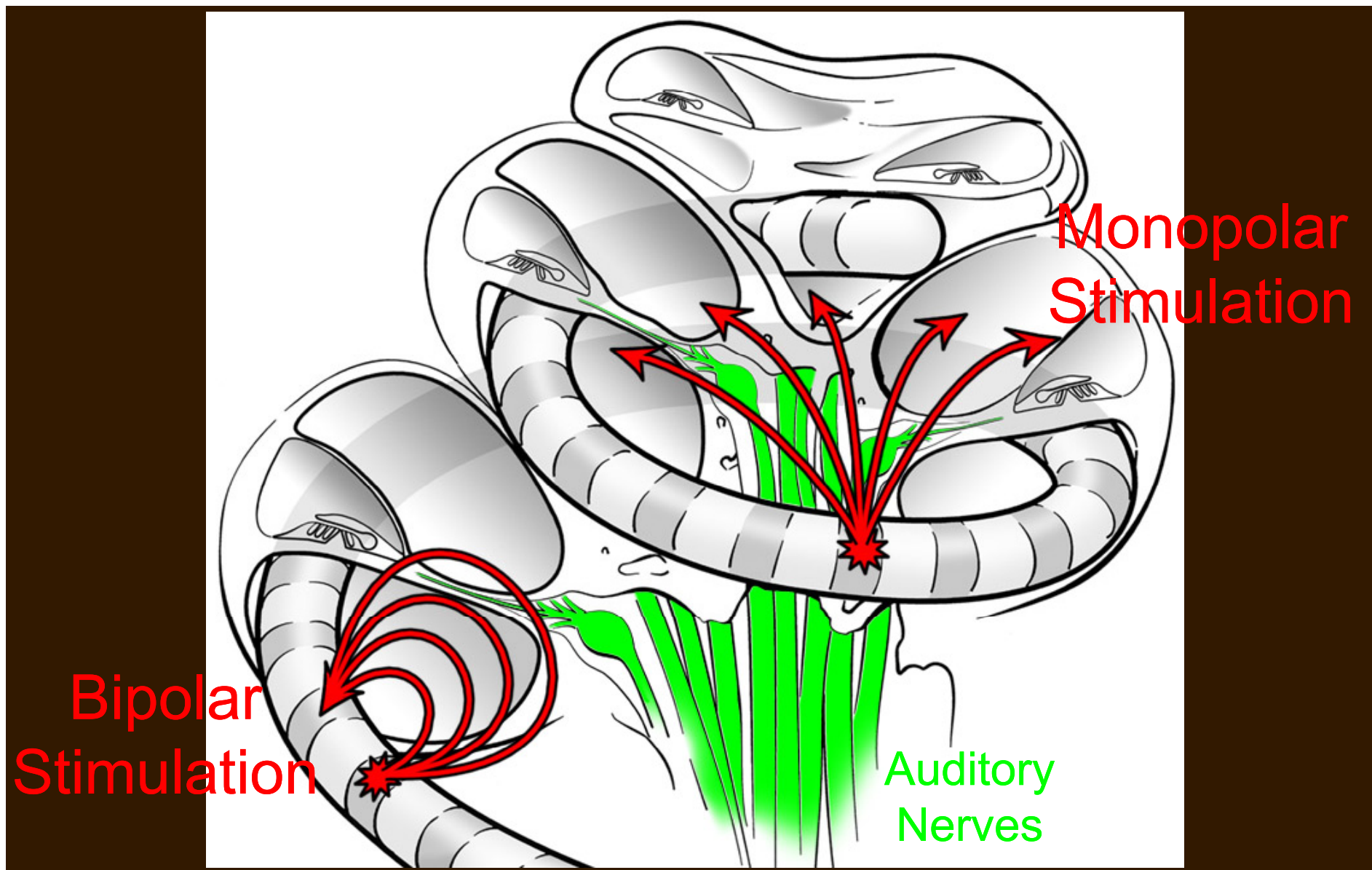
Umjetna pužnica s višekanalnim implantatom



Multipolarna elektroda položena u pužnicu

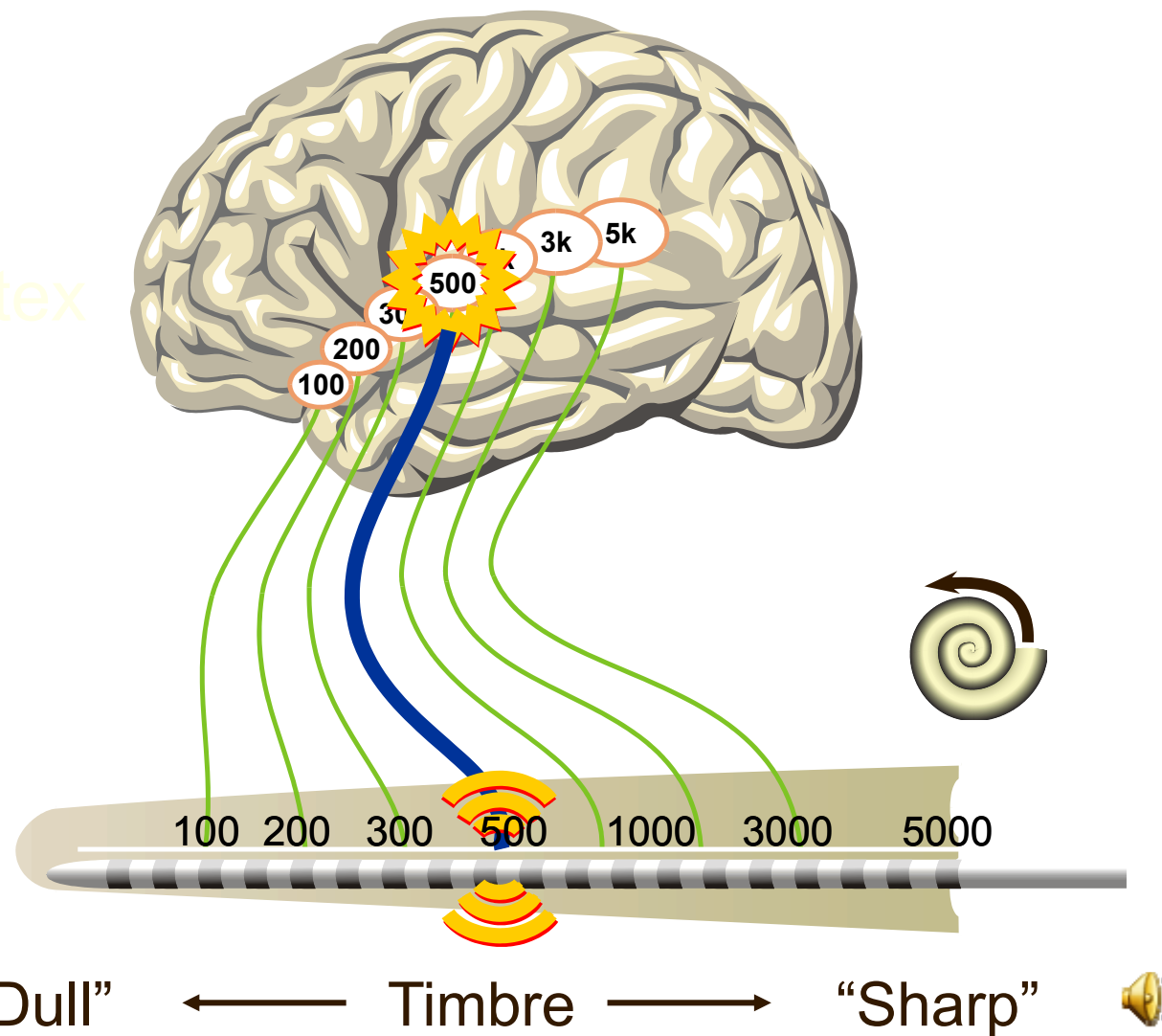


Monopolarna i bipolarna stimulacija

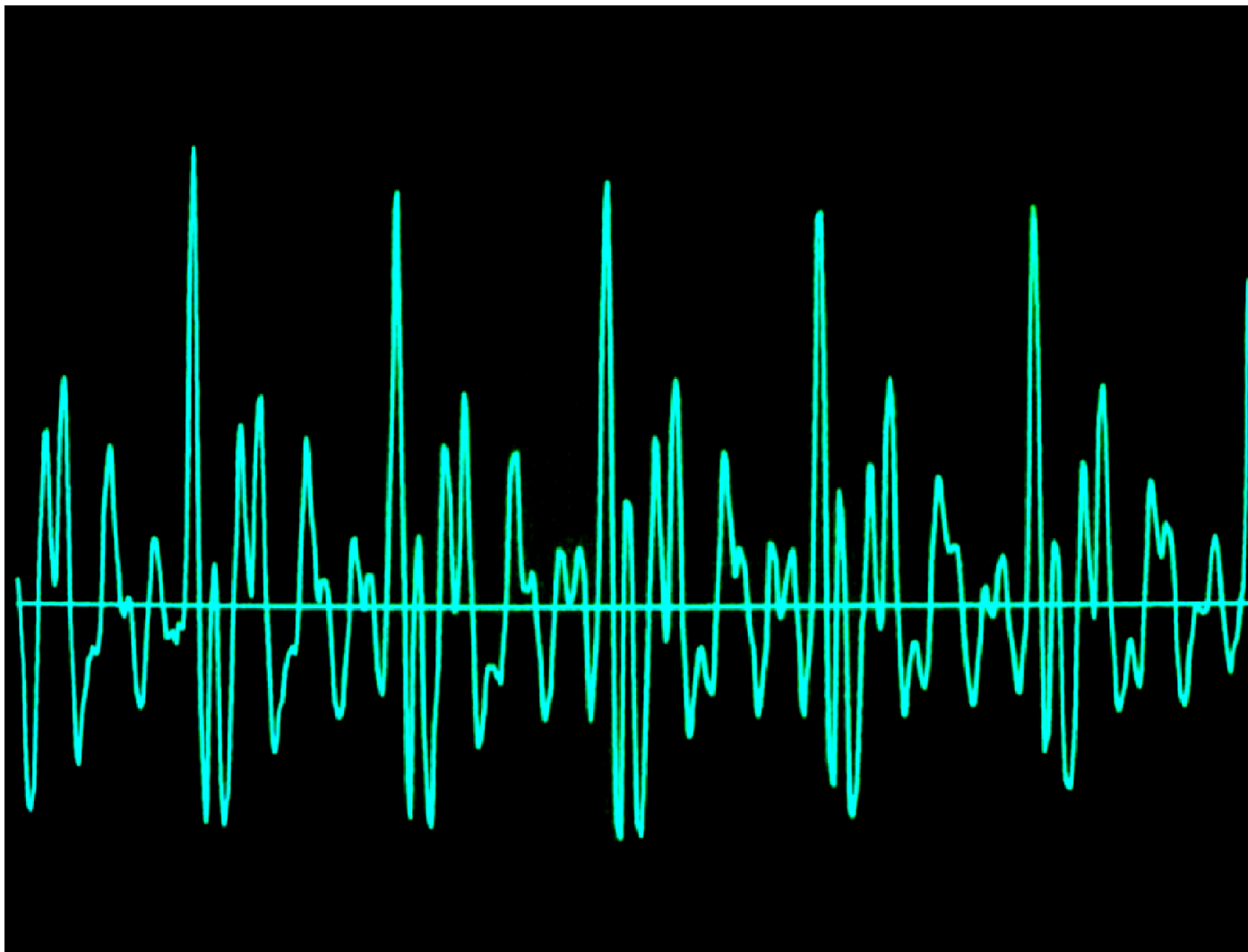


Položaj elektrode za stimulaciju

Doživljaj
zvuka mijenja
se izborom
elektrode za
stimulaciju u
pužnici



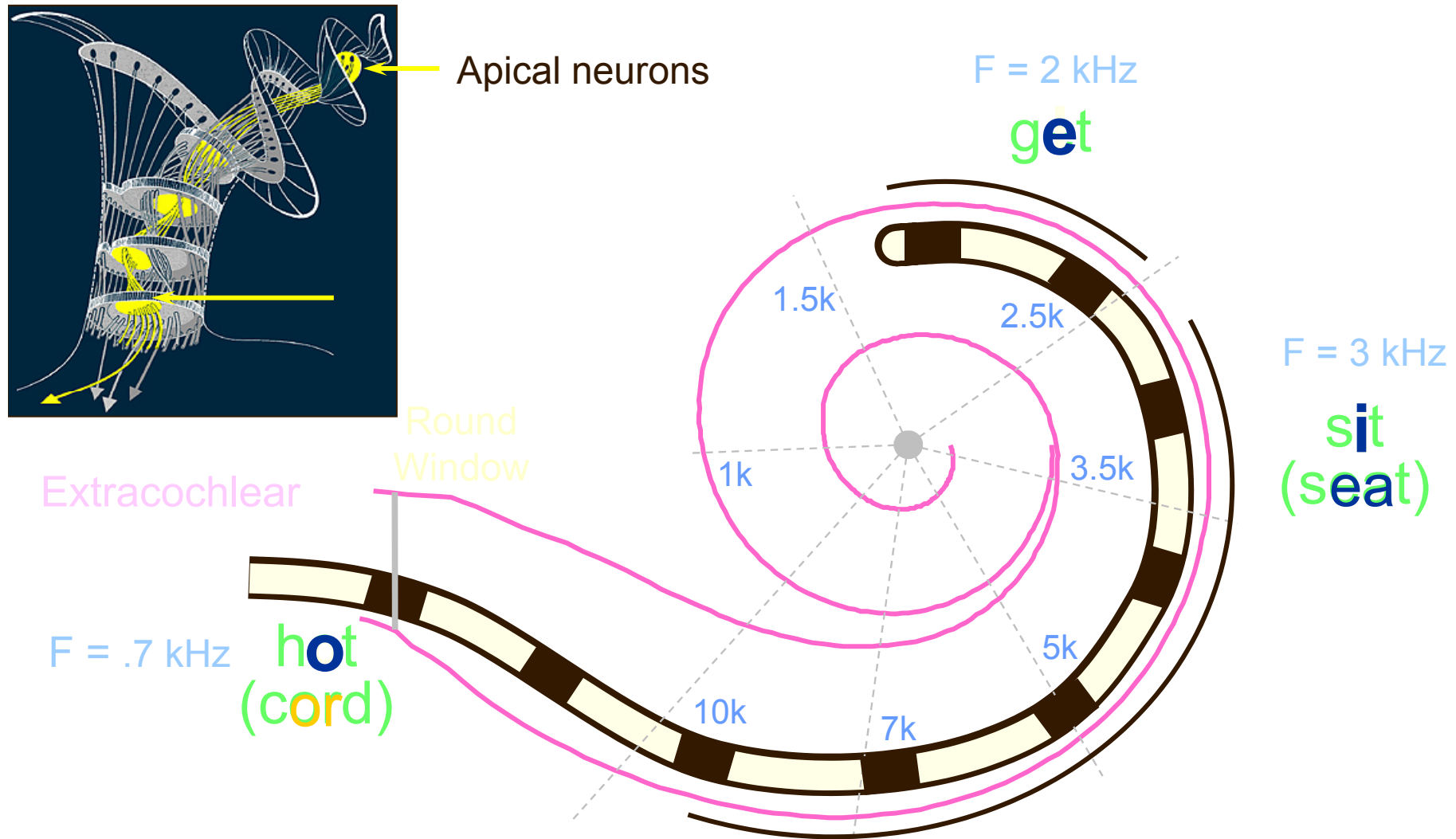
Električki signal



Električki signal dobiven pretvorbom zvuka

Biomedicinska instrumentacija

Perception of Vowels vs Site of Electrical Stimulation in 1st Deaf Adult 1978



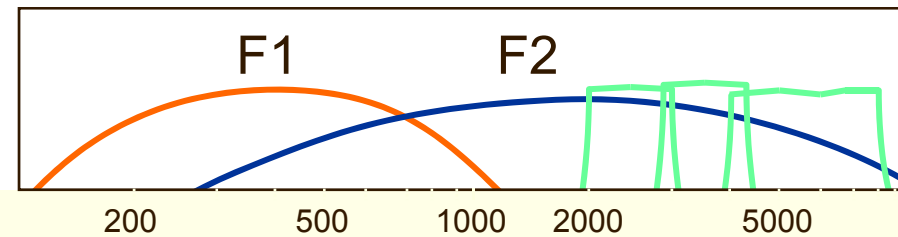
Tong et al (1979)

F0/F1/F2 (1985) & Multipeak-HFF (1989)

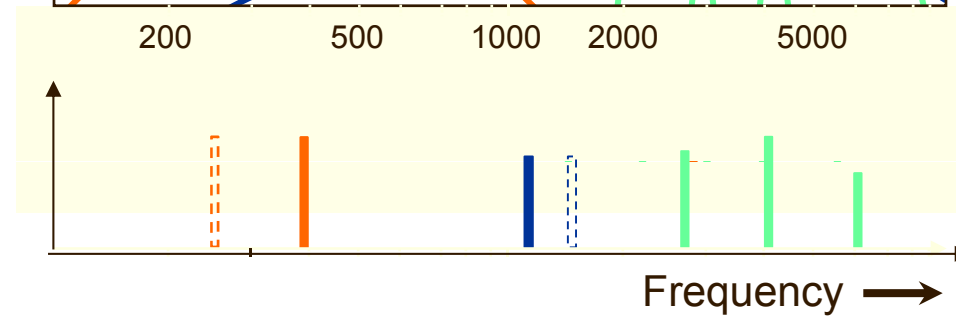
Speech Waveform



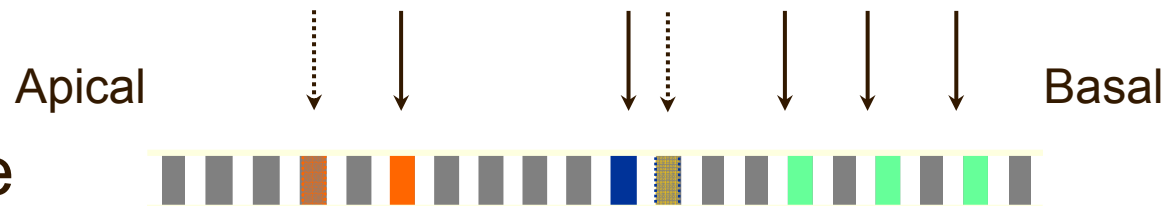
Formant Filters



Frequency Peaks

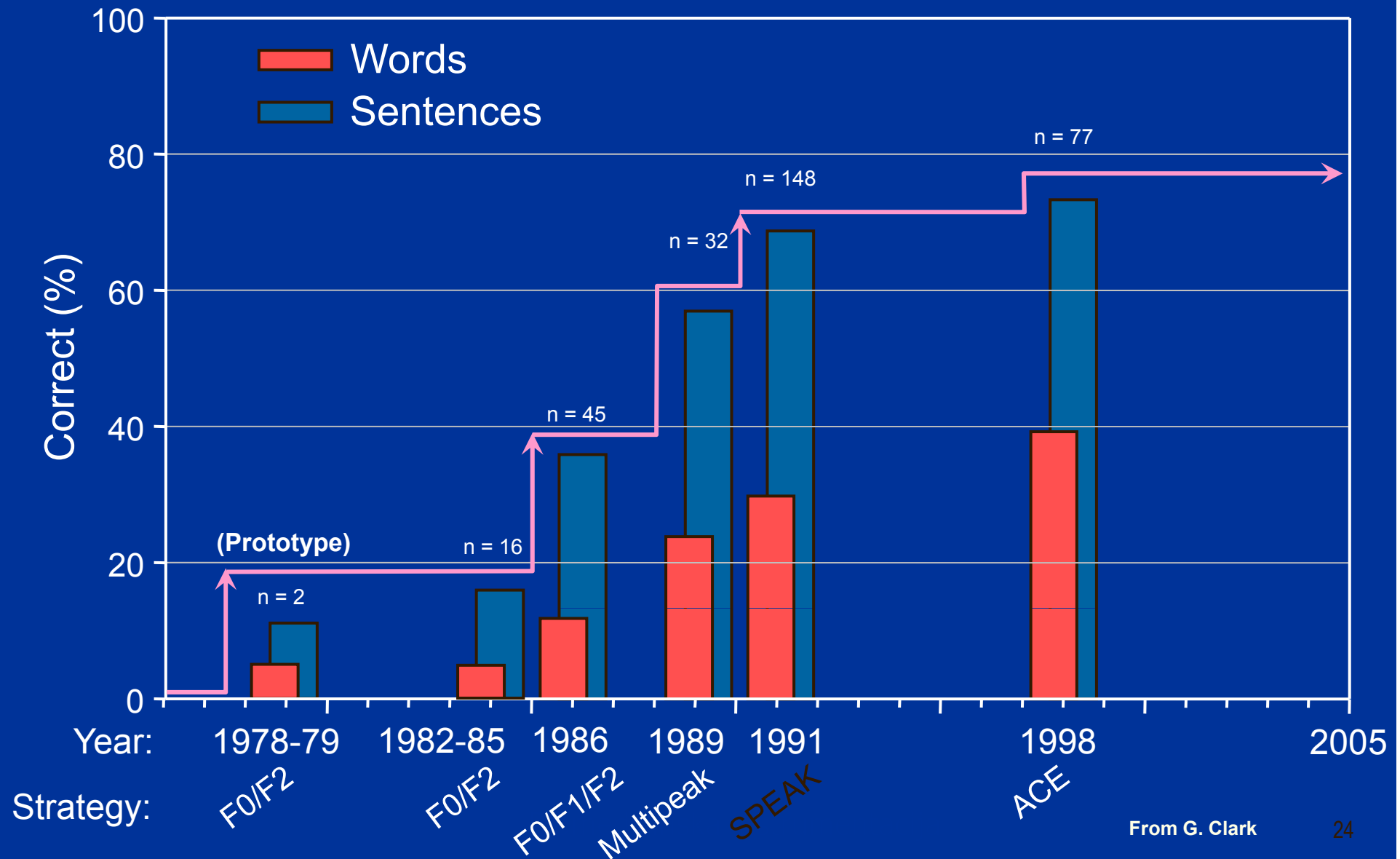


Electrode Bundle

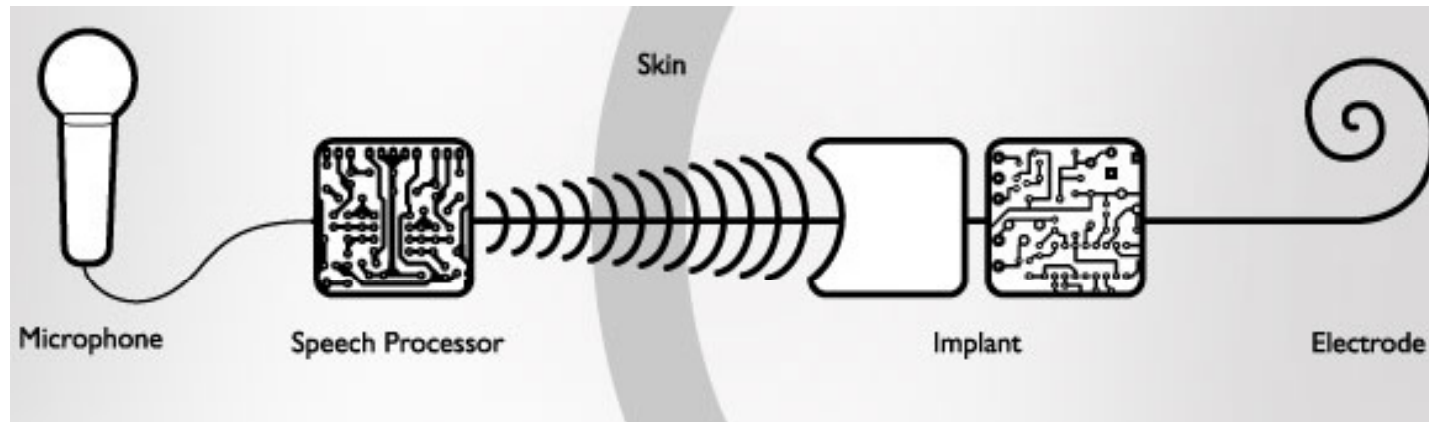


Cochlear Implant Speech Perception

(Open-set scores electrical stimulation alone at 3 months)



Blok shema umjetne pužnice



- 1) mikrofoni, koji snimaju okolni zvuk, a smješteni su iza ušne školjke poput standardnog slušnog pomagala,
- 2) govorni procesor (engl. *speech processor*), koji pretvara zvuk u električne signale,
- 3) zavojnica (antena), koja prenosi električne signale na prijemnik ugrađen u kost iza uha
- 4) prijemnik s elektrodom, ugrađenom u pužnicu

Umjetna pužnica



sastoji se od:

- 1) mikrofona, koji snima okolni zvuk, a smješten je iza uške poput standardnog slušnog pomagala,
- 2) govornog procesora (engl. *speech processor*), koji pretvara zvuk u električne signale,
- 3) zavojnice (antene), koja prenosi električne signale na prijemnik ugrađen u kost iza uha
- 4) prijemnika s elektrodom



Elektrode za umjetnu pužnicu

- Izvedbe se razlikuju se po broju pojedinačnih elektroda: redovito se radi o multipolarnim elektrodama, dakle elektrodama koje istovremeno mogu stimulirani na više mjesta (više-kanalna stimulacija)
- Stimulus može biti
 - analogni signal
 - impulsni signal

Prijenos i obrada signala

- Prijenos signala može biti
 - perkutani – uvodi se kroz kožu
 - transkutani – preko kože, nema prodiranja pod kožu
- Obrada signala – izlučivanje svojstava signala (feature extraction); formanti
- Formant je osnovni nastavak u lingvistici, predstavlja maksimum u spektru snage govora

Formanti

Vowel	Formant f_1	Formant f_2
u	320 Hz	800 Hz
o	500 Hz	1000 Hz
a	700 Hz	1150 Hz
ɑ	1000 Hz	1400 Hz
ø	500 Hz	1500 Hz
y	320 Hz	1650 Hz
æ	700 Hz	1800 Hz
e	500 Hz	2300 Hz
i	320 Hz	2500 Hz

Umjetna pužnica

- Elektroda je u bliskom dodiru sa slušnim živcem, kojega stimulira električnim impulsima
- Slušnim živcem se djelomično obrađena zvukovna informacija prenosi u središnji slušni sustav i do područja u mozgu koje je odgovorno za slušanje
- Središnji slušni sustav obradom tako primljene zvučne informacije omogućuje njeno razumijevanje i svrsishodno iskorištavanje
- Sustav umjetne pužnice pacijentu omogućuje da čuje, a mozak da i razumije ono što čuje

Literatura

- http://www2.mefst.hr/UserDocsImages/TNZ_udzbenik/P25.pdf