

## Hallás II.

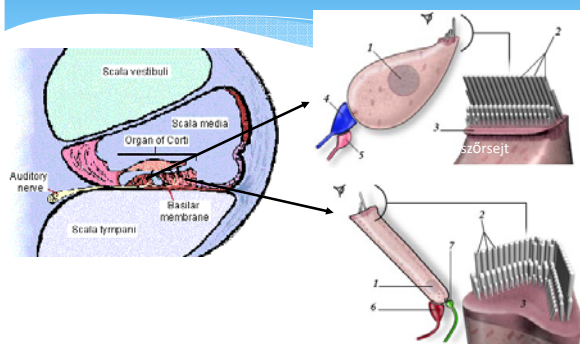
Kocsis Zsuzsanna

[kocsis.zsuzsanna86@gmail.com](mailto:kocsis.zsuzsanna86@gmail.com)

2014.04.08.

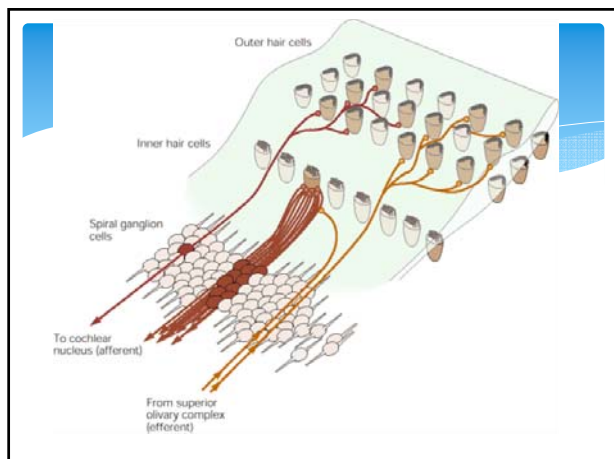
## A belső fülre visszatérve...

## Csiga



## Beidegzés

- Mintázata külső és belső szőrsejt esetén más
- A cochlearis ganglionsejtek legalább 90%-a belső szőrsejten végződik
- Bármely axon csupán 1 szőrsejtet idegez be, de minden belső szőrsejt kimenetét számos idegrostnak továbbítja
- Következmények
  1. Neurális információ főként belső szőrsejtből származik
  2. Több úton feljuttatott információ
  3. Tonotópia, mely már a postsynapticus belső szőrsejteknél elkezdődik



## Külső szőrsejtek beidegzése

- \* Relatív kevés ganglionsejt idegzi be őket, ezeknek elágazó termináljai más külső szőrsejtekhez futnak
- \* Nem lineáris erősítő
- \* A halkabb hangokat jobban felerősíti, mint a hangosakat

## A csiga frekvencia-érzékenysége

- \* Csúcs: legalacsonyabb frekvenciák – kb. 20 Hz
- \* Ezzel ellentétben: alap – kb. 20 KHz

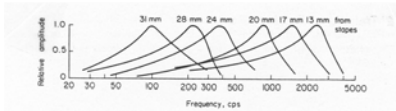


Fig. 3.9 Frequency responses are shown for six different points on the cochlear partition. The amplitude of the travelling wave envelope was measured as the stimulus frequency was varied with constant peak stapes displacements. The position of the point of observation is marked on each curve. From von Békésy (1960), Fig. 11-49.

## A KIR két módon szerez információt az inger frekvenciájáról

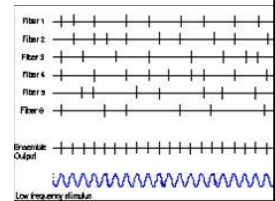
- \* Hely kód: a rostok tonotopikus térképbe rendezettek úgy, hogy helyük a karakterisztikus frekvenciától függ
- \* Frekvencia kód: a rostok olyan gyorsan tüzelnek, mely az inger frekvenciáját tükrözi

## És akkor az elméletek

- \* **Frekvencia elmélet** (Rutherford): alaphártya egységesen rezeg a hangra adott válaszként, a hangnyomás-változásokkal szinkronban (pl. telefonmembrán: 500 Hz hang, 500 impulzus/s)
- \* De! Az alaphártya vastagsága és feszessége változó, illetve az idegsejtek nem képesek másodpercenként 1000-nél többször kiszülni

## Még mindig...

- \* **Sortűz elmélet** (Wever): neuronok csoportjai kódolják a hanghullámok időzítését. Az idegek időbeni kiszülni mintázatai kódolják a hangok magasságát.
- \* De! Maximum 6000 Hz-ig képes kódolni

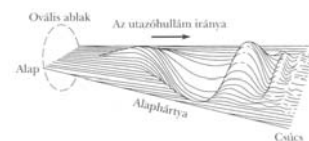


## És még...

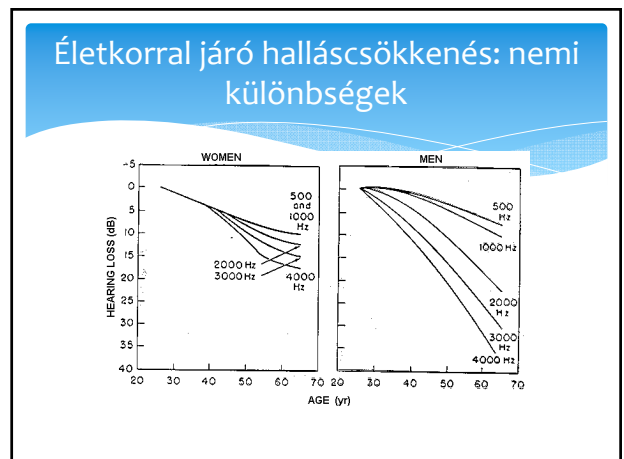
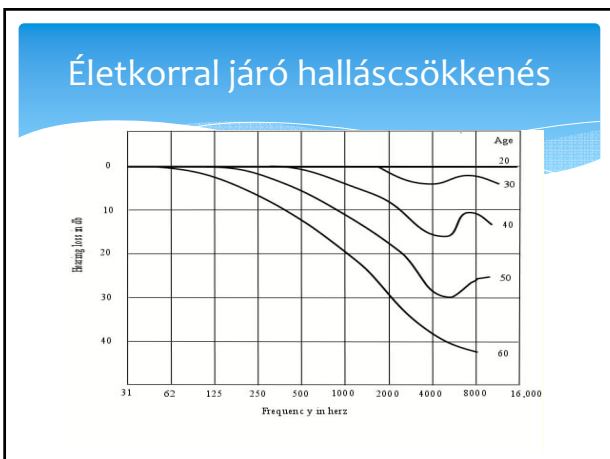
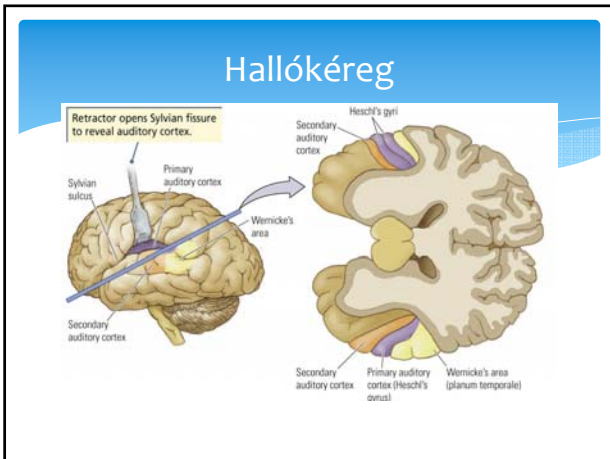
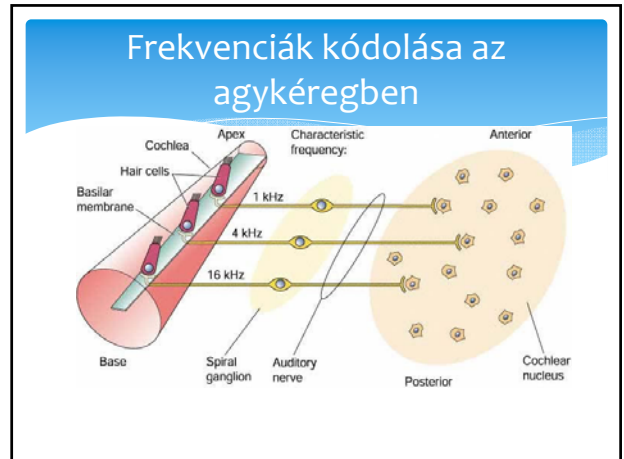
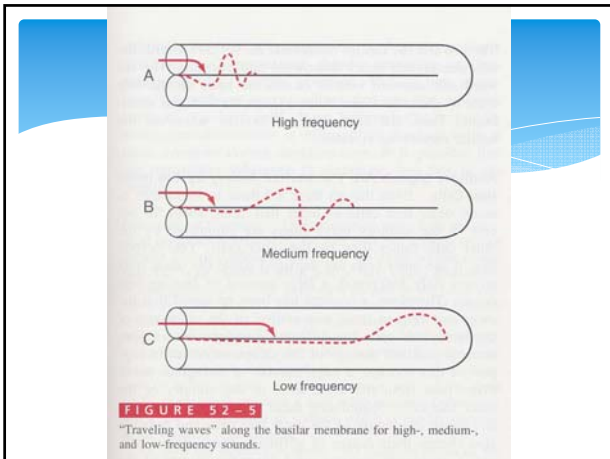
- \* **Helyelmélet** (Helmholtz): az alaphártya különböző helyei különböző hangfrekvenciákra reagálnak, a membrán kilengő helyei határozzák meg, hogy mely idegrostok aktiválódnak, ez határozza meg a hallott hangmagasságot.

## A Nobel-díjas

- \* Békésy György: „utazóhullámok”, 1961
- \* A kengyel mozgása utazóhullámot hoz létre az alaphártya mentén, ez a hullám az alaphártya különböző helyein váltja ki a maximális választ, az alaphártya tonotopikus elrendezésű.



<http://www.blackwellpublishing.com/matthews/ear.swf>



## Otoakusztikus emisszió

- Belső fülben spontán módon, vagy inger hatására keletkező hang
- Külső szőrsejtek hang hatására lengésbe jönnek, majd röviddel később maguk is aktívan lengeni kezdenek
- Ezzel a mozgással mechanikusan felerősítik a hanghullámokat
- A szőrsejteknek ez a fajta aktív tevékenysége nem csak befelé, hanem kifelé terjedő hullámokat is kelt.
- Lényege: a szőrsejtek stereociliái a hang megjelenése után is mozgásban maradnak, visszafelé hullámokat produkálnak

## Akusztikus reflex

nagy intenzitású hang → hallócsontocskák eltávolodnak a dobhártyától és az ovális ablaktól

Szerepe: csiga védelme és saját hang kiszűrése

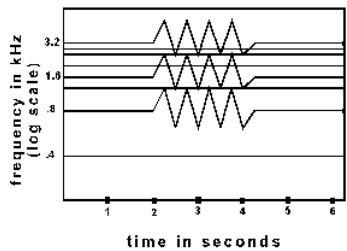
→ Hümmögés „működik”

→ Hangos, rövid idejű zaj előtt hangadás



## Akusztikus láncra bomlás

Fúzió harmonikusok együttmozgása miatt

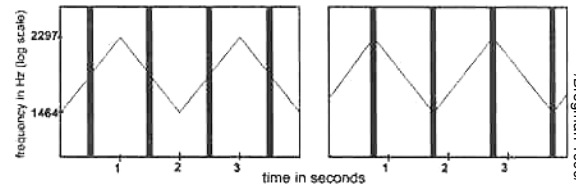


/Bregman 1990/

## Régi + új elv

Az aktuális hang frekvencia-összetevőit a meglévő láncokba próbáljuk besorolni

Amelyik összetevőkre ez nem sikerül: új lánc



/Bregman 1990/

## Aktív észlelés

Felülről lefelé irányuló / környezeti hatások

\* **Ugyanazt** a hangot környezettől függően másnak halljuk



\* **Fonéma helyreállítás**



\* **Fantom szavak (sztereó)**

/Diana Deutsch/

[http://philomel.com/mp3/phantom\\_words/ex/phantom\\_words\\_ex1.mp3](http://philomel.com/mp3/phantom_words/ex/phantom_words_ex1.mp3)



## Multimodális integráció

**McGurk-illúzió**

<http://www.youtube.com/watch?v=G-IN8vWm3mo>

A látott információ felülírja a hallottat.

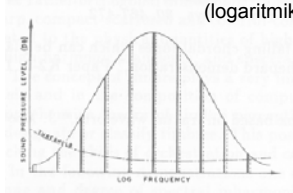
Illetve: <http://www.youtube.com/watch?v=jtsfidRq2tw>

Látott: ga, Hang: ba, Hallott: da.

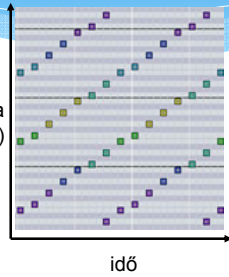
A különböző modalitásban érkező információkat integráljuk (pl. mozi: elhiszem, hogy a szereplő szájából jön a hang, pedig valójában a hangszóróból → vizuális információ jelentős szerepe a hallott inger feldolgozásában)

## Végtelen skála (Shepard hang)

\* Folytonos 🗣️



frekvencia  
(logaritmikus)

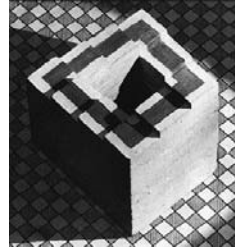


idő

## Végtelen skála (Shepard hang)

J.S.Bach: Canon  
circularis per Tonos  
(The Musical Offering)

Vizuális analóg: Penrose  
lépcső



<http://www.youtube.com/watch?v=A41CITk85jk&feature=related>

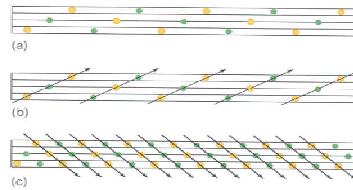
## Illuzórikus folytatás



Rövid hangokat hallunk, folyamatos, egyenlő időközönként. Ezek a hangok a felvétel teljes hosszában változatlan, de a pittyegések közbe illeszkedő zaj egyre hangosabb és hosszabb lesz. A zaj pontosan a szünetekbe illeszkedik. Végül a zaj olyan hangos lesz, hogy elfedi a szüneteket és folyamatos hangként halljuk a pittyegést.

## Wessel hatás

Out Beta (2007)



## Oktáv illúzió



left right ear

SOUND PATTERN

PERCEPTION

The pattern that produces Deutsch's octave illusion, and a way that it is often perceived.

## Oktáv illúzió

- \* Két hang egy oktáv távolságra, váltogatva a két fülbe lejátszva, egy s alatt 4 hang
- \* Ha a jobb fülbe játszódik le a magas, a balba az alacsony és fordítva
- \* Van aki egy hangot hall a fülek közt váltakozni, és a hangmagassága változik
- \* [http://philomel.com/musical\\_illusions/octave.php](http://philomel.com/musical_illusions/octave.php)

## Speech to song illusion



Hallgasd meg!



Más valami?



Alanyok egyenként



Kórusban

## Binaurális hangrögzítés

mikrofonok: füleknél



/KEMAR/



## Virtual barber shop

\* Videó!

\* <https://www.youtube.com/watch?v=8IXm6SuUigI>



## Hallási eseményhez köthető potenciálok

- \* EKP: egy bizonyos eseményhez (itt hang) köthető agyi válasz, az agy különböző struktúráiból eredő folyamatokat mérjük a skalpon.
- \* A kortikális EKP 2-10 mikrovolt, az agytörzsből eredő jelek ennél kisebbek, kb. 1 mikrovolt.

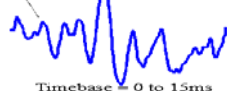


## Hallási EKP

- \* Agytörzsi válaszok: 1,5-15 ms poststim., a VIII. agyidegből és agytörzsi struktúrákból erednek.

### AUDITORY BRAINSTEM RESPONSE

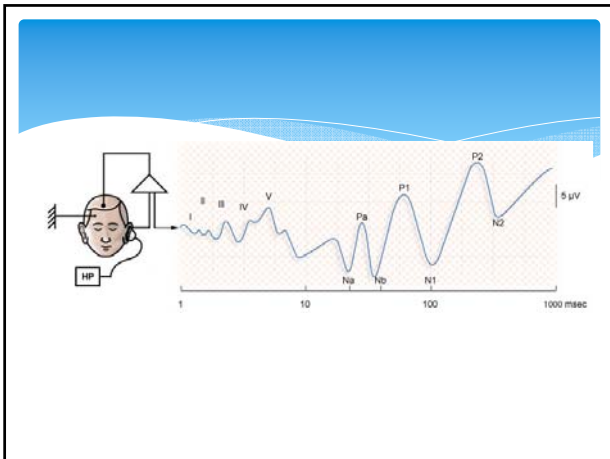
Wave I Wave V



- auditory nerve = wave I
- cochlear nuclei = wave II
- superior olive = wave III
- lateral lemniscus = wave IV
- inferior colliculus = wave V

## Hallási EKP

- \* Közép látenciájú válaszok: 25-50 ms poststim.,
- \* Na (felső agytörzsből vagy a cortex-ből ered),
- \* Pa (hallókéregből bilaterálisan)
- \* Alacsony frekvenciákra érzékenyek
- \* Nagy variabilitást mutat, akár egyéneken belül és elektródák között is.
- \* Akár Nb, Pb, Nc hullámok is követhetik őket.



## Hallási EKP

- \* Lassú hullámok: 50-150 ms poststim.
- \* P1-N1-P2 hullámokat jelenti
- \* P1 & N1 az inger regisztrációját jelzi
- \* N2: inger felismerése, pontosan mi is az inger

## Hallási EKP

- \* Késői hullámok: 150 ms poststim.
- \* MMN: mismatch negativity
- \* P300: inger kategorizációját jelöli, inger elhelyezése egy feladatfüggő kategóriában.
- \* ORN: object-related negativity
- \* N400: válasz szavakra, vagy más értelemmel bíró ingerre (olvasott szóra is)

## MMN

- \* 150-250 ms
- \* Standard ingerek közötti deviáns váltja ki
- \* Frontocentrális eloszlású
- \* Nem figyelt helyzetben is kiváltható
- \* Vizuális megfelelője is vizsgált

Winkler et al. (2003)

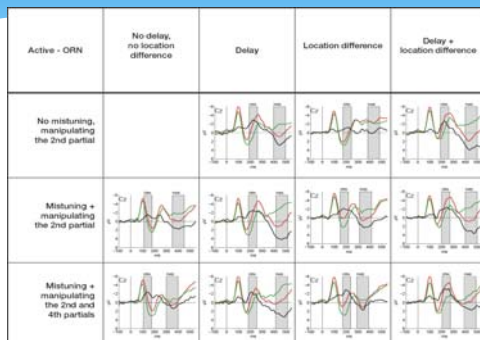
## ORN

- \* 140-250 ms
- \* két külön akusztikus tárgy jelzőmózanata
- \* Frontocentrális eloszlású
- \* Összetett hangot egy forrásból érkezőnek halljuk, mert a frekvenciakomponensei jó harmonikus kapcsolatban vannak, de amennyiben akár egy komponens 4%-kal elhangolunk, hajlamosak vagyunk azt két hangforrásból érkezőnek észlelni.

## ORN

Passive - ORN	No delay, no location difference	Delay	Location difference	Delay + location difference
No mistuning, manipulating the 2nd partial				
Mistuning + manipulating the 2nd partial				
Mistuning + manipulating the 2nd and 4th partials				

## ORN



## P300

- \* Két komponensből áll:
- \* P3a: „újdonosság P3”, 250-280 ms, frontocentrális eloszlású, figyelem irányításában szerep és az újdonosság feldolgozásában.
- \* P3b: kb. 300 ms, parietális területek felett a legnagyobb az amplitúdója, információfeldolgozás, valószínűtlen események váltják ki; döntéshozatal.

## Emlékezeti táruk a hallásban

- Ahhoz, hogy koherens egészként tudjuk észlelni a minket körülvevő akusztikus világot, szükség van emlékezeti tárukra, hiszen az akusztikus input folyamatosan változik
  - Idői integrációs ablak: 150-200 ms – minden összeintegrálódik, az újonnan beérkező infók kiszorítják a régebbieket
  - Ekhoikus emlékezet: egy hang időben egyszer jelenik meg, és csak az azt következő hangokkal együtt tehető értelmessé (pl. beszéd), 3-4 s hosszan képes tárolni az ingert,
  - Hosszú távú emlékezet

## Abszolút hallás

- \* Képesség, mellyel az adott személy egy hangot bármilyen összehasonlítás nélkül képes megnevezni vagy reprodukálni
- \* 1/10000 az előfordulási aránya
- \* Kognitív folyamat, frekvenciamemória, emlékezés a hangok neveire, illetve a hosszú távú „kitétel” a hangoknak
- \* Tonális nyelvet beszélőknél és vakoknál gyakoribb

## Abszolút hallás

- \* Valószínűleg genetikai komponens
- \* 6 éves korig tarthat a kritikus periódus
- \* Brown (2003): a zenei hangokat a P300 generálása nélkül dolgozzák fel, gyakoribb a szociális viselkedés károsodása.

## Miért is érdekesek a zenészek?

- \* Plaszticitás!
- \* Pl. Londoni taxisofőr (Maguire, 2000)
- \* Gyakorlás/környezeti tényezők/idegi folyamatok hatására megváltozik az idegrendszer
- \* A zenei előadás egy komplex feladat, ami magában foglalja pl. a kottaolvasást, a memória működését, a test posztúrájának figyelését és a feedback alapján történő átrendezését, valamint az inputra való nagymértékű koncentrációt.
- \* => több területen sok gyakorlás



## Zenészek agyi anatómiája

- \* Erősebben mielinizált fehérállomány (Bengtsson, 2005)
- \* A téri-vizuális figyelmük kevésbé lateralizált (jobb pszeudoneglect)
- \* A vonásoknak nagyobb a bal kéz ujjainak kortikális reprezentációja (Elbert, 1995)
- \* A zenei hangok feldolgozása inkább a bal félteke előnyét mutatja (Evers et al., 1999)
- \* A bal hallókéreg megnövekedett reprezentációja (Pantev, 1998)

## Zenészek agyi anatómiája

- \* A feldolgozási előny a saját hangszer hangszínére specifikus, más hangszerekben nem mutatkozik (Pantev, 2001)
- \* Minél korábban kezdenek tanulni, annál nagyobb a corpus callosum (Schlaug, 1995)
- \* A kottaolvasás a LIFG aktivációjával jár (Parsons, 2001)
- \* A gyakorlás transzfert mutat verbális, matematikai és téri-vizuális feladatok megoldására (Schallenberg, 2001); mentális leképezésre, verbális memóriára, önbecslésre, általános intelligenciára (Mague, 2006)

## Zenészek agyi anatómiája

- \* Abszolút hallással rendelkezők: növekedett bal aszimmetria a planum temporale méretében, AH hiányában kisebb mértékben, de a jobb planum temporale megnagyobbodása (Schlaug, 2005)
- \* AH: jobb fül előny, nem AH: bal fül előny (Brancucci, 2009)
- \* Operaénekesek: megnövekedett szomatoszenzoros reprezentációja a száj körüli mozgatóizmoknak, illetve gégeének (Kleber, 2010)