

# Přednášky z lékařské biofyziky

Vyšetřování smyslového vnímání a pomůcky pro smyslově postižené



# Obsah přednášky

Ostrost zraku

Ametropie – vady optického systému oka

- Sférická ametropie: krátkozrakost a dalekozrakost
- Asférické ametropie (astigmatismus)

Vyšetřování zraku

Elektroretinografie (ERG)

Retinální implantát

Audiometrie – vyšetřování vad sluchu

Sluchadla

Kochleární implantát

# Ostrost zraku

(zřetelnost a ostrost vidění)

Pro vyšetřování ostrosti zraku jsou používány **Snellenovy optotypy** pojmenované dle nizozemského oftalmologa Hermanna Snellena (1834–1908), který je vytvořil a začal používat pro vyšetřování ostrosti zraku u krátkozrakosti.

Optotypy se vyrábějí pro pozorovací vzdálenost 4, 5 a 6 m (vytištěné, skříňové, promítané, LCD panely).

Zrakovou ostrost (visus) vyjadřujeme pomocí zlomku, v jehož čitateli je pozorovací vzdálenost v metrech a ve jmenovateli číslo řádku s ještě rozlišitelnými symboly (např. 6/18 znamená visus snížený na jednu třetinu, zlomek nekrátíme).

Osoba s visem **6/6** je schopna svým okem rozpoznat právě takový symbol, který zaujímá pozorovací úhel *5 minut* (5'). Detail symbolu odpovídá úhlu 1'.



# Vyšetřování dalekozrakosti

## Čtecí karta – Snellenův a Jaegrův zápis

0.37 M	I walked up the street, going about, until near the market house I met a boy with bread. I had made many a meal on bread, and asked him where he got it. I then went to the baker's and asked for bread such as we had in Boston. I asked for a three penny loaf and was told that they had none such. Not knowing	J 2
0.50 M	the difference of money and the greater cheapness I bade him give me three penny worth of any sort. He gave me three puffy rolls. I was surprised at the quantity but I took it, and walked off with a roll under each arm. Thus I walked up Market Street as far as Fourth Street, passing by the house	J 3
0.62 M	of Mr. Read, my future wife's father. She, standing at the door, saw me and thought I made a most awkward appearance, as I certainly did. Then I turned and went down Chestnut Street and a part of Walnut Street. Being filled with one of my rolls, I gave the other two to a woman	J 4
0.75 M	and her child. By this time the street had many clean and well dressed people in it, all walking the same way. I joined them and was led into the great meeting house of the Quakers'. I sat down among them and after looking around a while and hearing nothing said,	J 5
1.00 M	I fell fast asleep. This was the first house I was in, or slept in, in Philadelphia. Looking in the faces of people, I met a young man whose countenance I liked, and asked	J 7
1.25 M	if he would tell me where a stranger could get lodging. "Here", and he, "is one place that entertains strangers."	J 8

Čtení se  
zkouší  
obvykle ze  
vzdálenosti  
25 cm

# Ametropie – vady optického systému oka

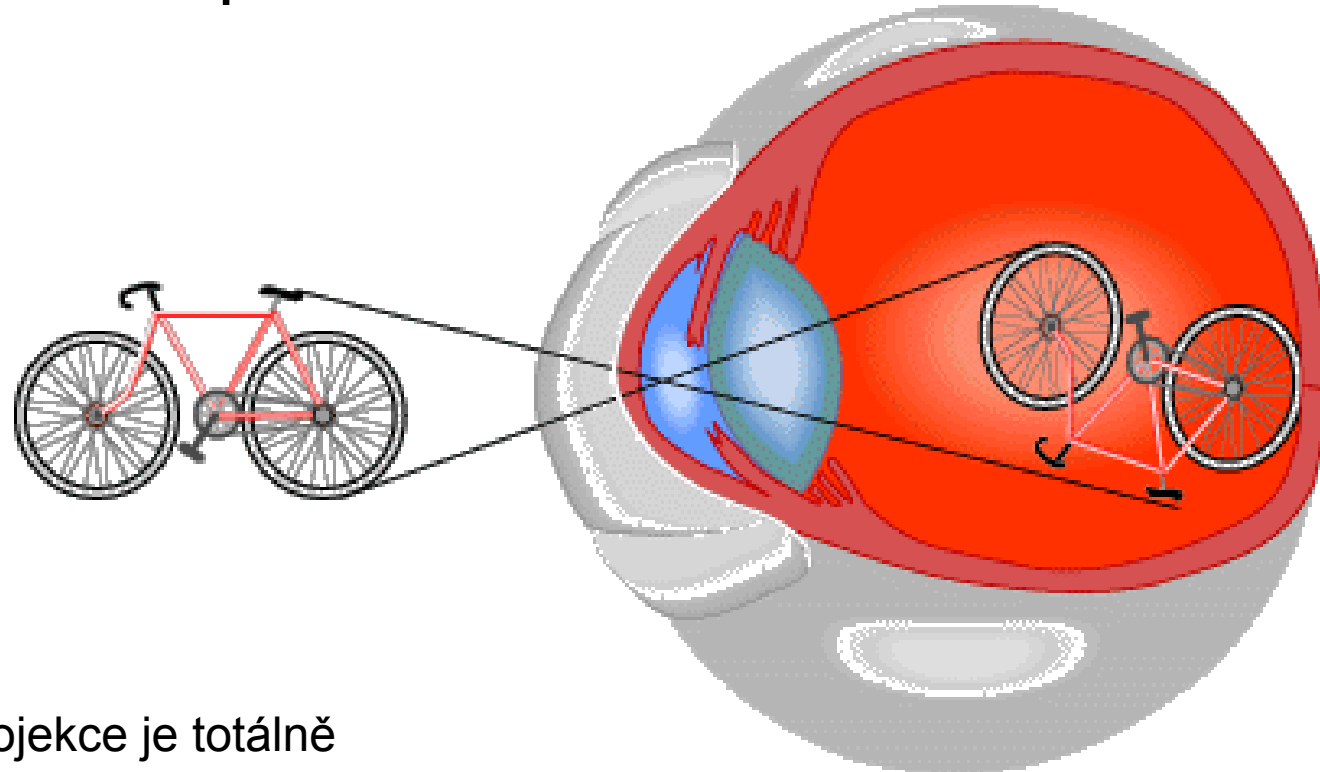
**Emetropie:** normální (“emetropické”) oko zobrazuje bodově a obrazy jsou promítány na sítnici.

**Ametropie:** Jestliže obrazové ohnisko neleží na sítnici nebo oko nezobrazuje bodově (oko je ametropické, člověk postižený touto vadou je ametrop).

Můžeme rozlišit dva hlavní druhy ametropie:  
sférickou (krátkozrakost a dalekozrakost)  
asférickou (astigmatismus)

# Normální oko

Za normálních okolností může oko promítnout obraz přesně na sítnici:



(tato projekce je totálně špatně namalovaná, ale obrázek je moc hezký!)

# Sférické ametropie:

## Krátkozrakost a dalekozrakost

**Krátkozrakost (myopie):** blízké předměty jsou viděny dobře, problém je s viděním do dálky. Světelné paprsky přicházející z velké vzdálenosti jsou soustředovány do ohniska před sítnicí. Může to být způsobeno příliš velkou délkou očního bulbu nebo příliš velkou optickou mohutností oka. Korekce je prováděna **konkávními (rozptylnými)** čočkami. Tyto čočky zvyšují rozbíhavost (snižují sbíhavost) paprsků vstupujících do oka.

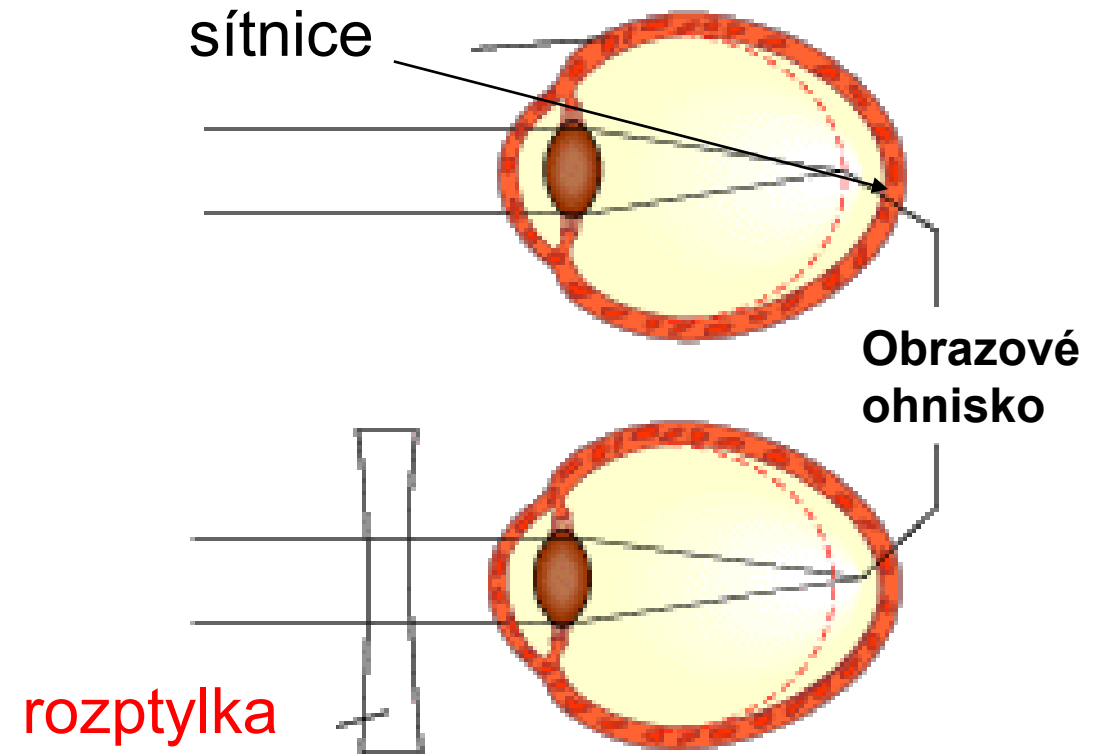
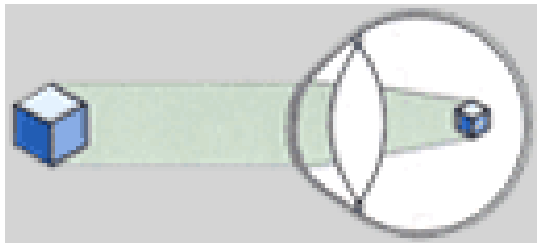
**Dalekozrakost (hyperopie, hypermetropie):** vzdálené předměty jsou viděny lépe než předměty blízké. Světelné paprsky přicházející z velké vzdálenosti jsou soustředovány do ohniska za sítnicí. Může to být způsobeno příliš krátkou délkou očního bulbu nebo příliš malou optickou mohutností oka. Korekce je prováděna **konvexními (spojnými)** čočkami. Tyto čočky snižují rozbíhavost (zvyšují sbíhavost) paprsků vstupujících do oka.



# Krátkozrakost (myopie)



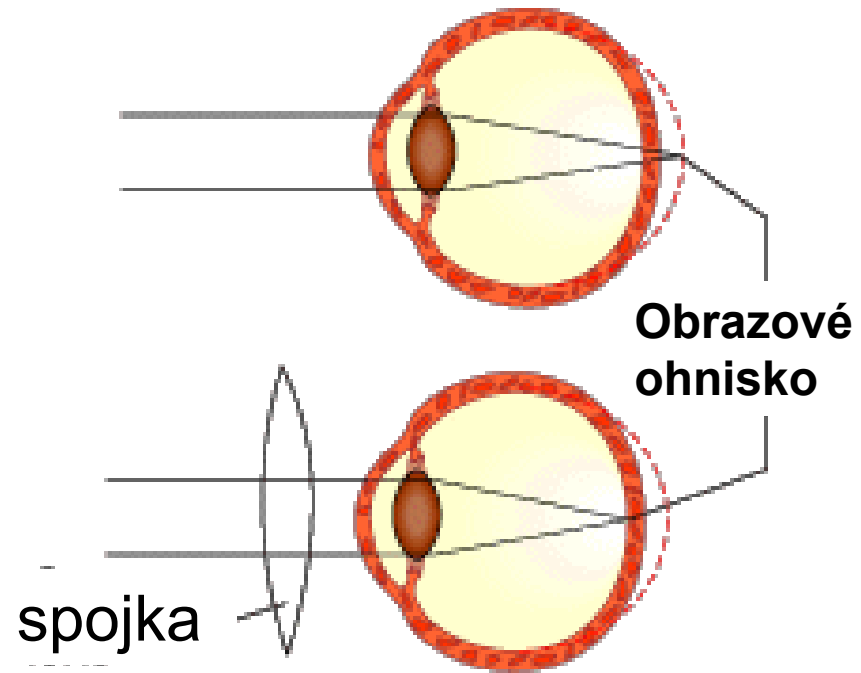
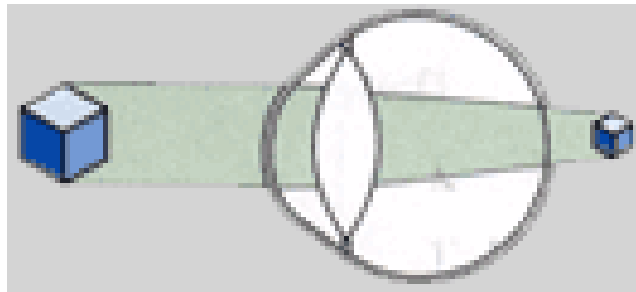
<https://genetics.thetech.org/ask-a-geneticist/vision-genetic>



# Dalekozrakost (hyperopie, hypermetropie)

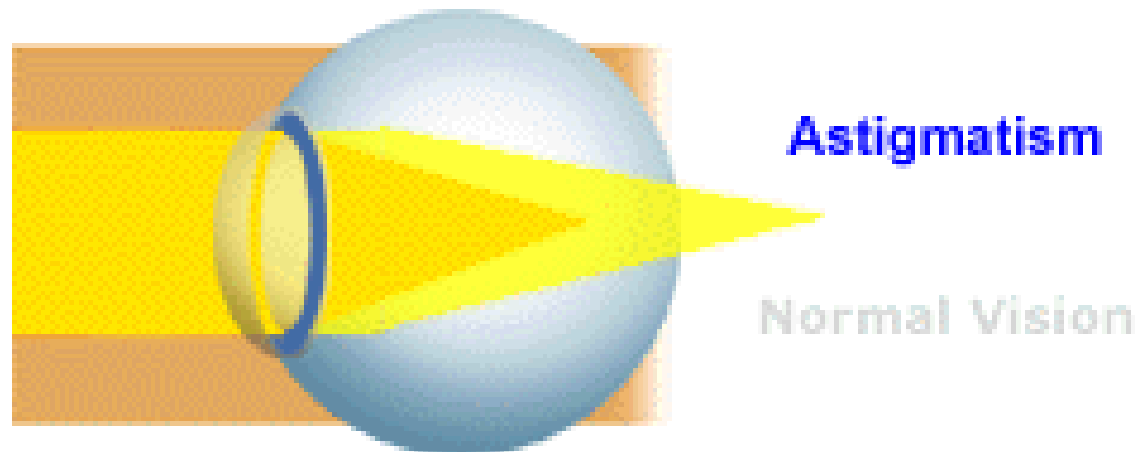


<http://www.2012rok.sk/wp/wp-content/uploads/subory/dalekozrakost.jpg>



# Asférické ametropie (astigmatismus)

Astigmatismus vzniká tehdy, jestliže rohovka nebo čočka mají různé zakřivení v různých rovinách protínajících se v optické ose oka. Tato nepravidelnost brání soustředění všech paprsků na sítnici. Výsledkem je neostré vidění do jakékoliv vzdálenosti.



# Astigmatismus



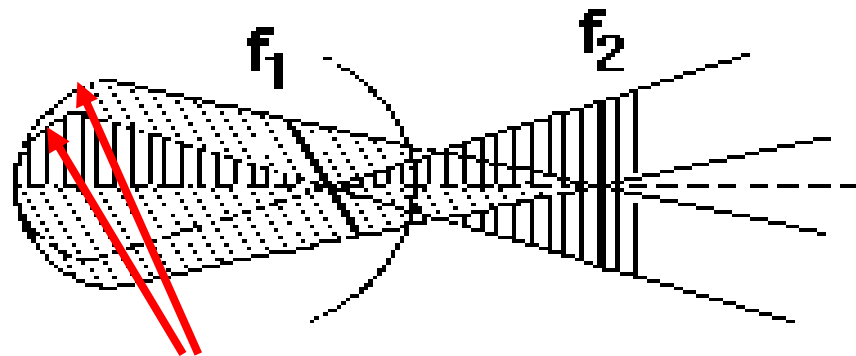
<https://www.uhren-schell.de/optiker/sehstoerungen-merkmale-uebersicht.php>

# Astigmatismus

**Jednoduchý astigmatismus (a. simplex):** Jedna fokála (ohnisková úsečka) neleží na sítnici.

**Smíšený astigmatismus (a. mixtus):** Jedna fokála leží před sítnicí, druhá za ní.

**Složený astigmatismus (a. compositus):** v tomto případě je oko postiženo jak astigmatismem tak krátkozrakostí nebo dalekozrakostí. Obě fokály jsou před sítnicí nebo za sítnicí.



Hlavní meridiány oka (charakterizované největším rozdílem v zakřivení) – případ smíšeného astigmatismu

# Korekce astigmatismu

Jednoduchý astigmatismus je korigován **cylindrickými čočkami** nebo chirurgickou úpravou tvaru rohovky.

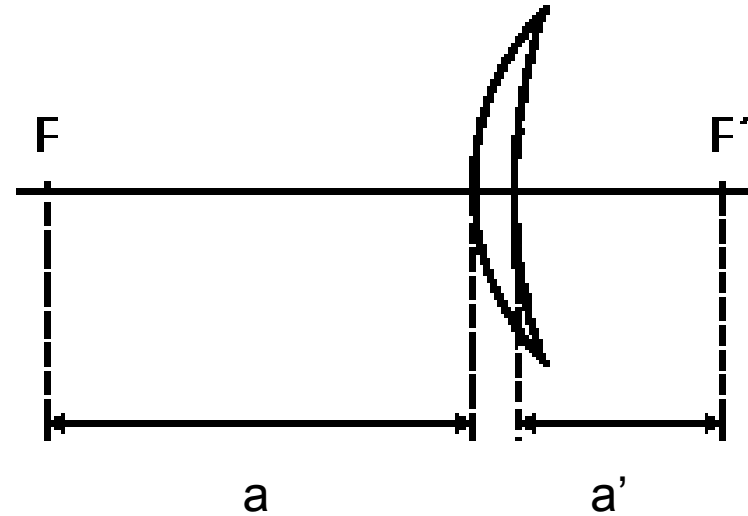
Složený a smíšený astigmatismus korigujeme **torickými čočkami** (torická refrakční plocha vzniká kombinací plochy válcové a kulové, tj. má různý poloměr zakřivení v různých rovinách).

Korekce umožňují i implantáty používané u šedého zákalu apod.

# Brýlová skla (čočky) – vrcholová lomivost

Oproti jiným optickým systémům, které jsou charakterizovány optickou mohutností, brýlová skla charakterizujeme pomocí vrcholové lomivosti

$$A' = 1 / a'$$



# Kontaktní čočky



Kontaktní čočky mohou být vyrobeny z hydrofilního gelu (měkké – prof. Otto Wichterle, 1913-1998) nebo se vyrábějí jako tvrdé s označením RGP – Rigid Gas-Permeable.



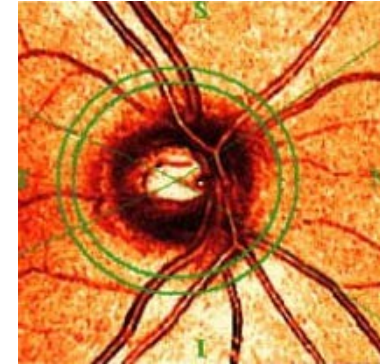
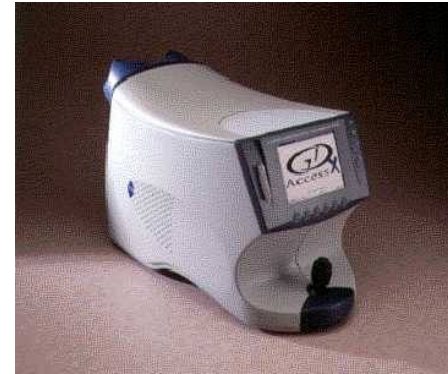
# Refraktometr – objektivní vyšetření zraku



# Další metody vyšetření zraku – příklady pokročilých technik



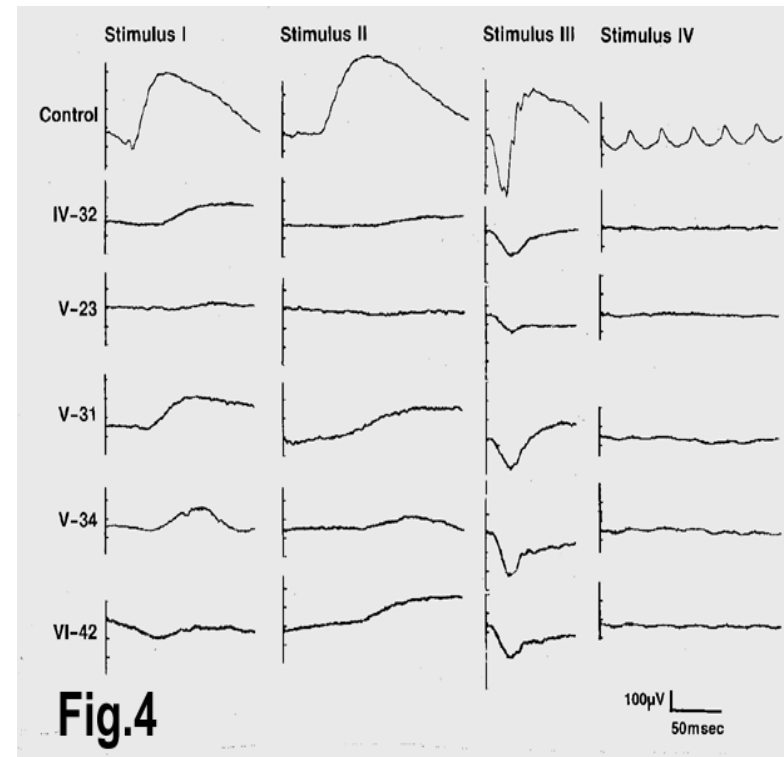
**Perimetrie** je vyšetřovací metoda k posouzení rozsahu zorného pole. Její podstatou je schopnost oka rozlišit dva podněty v zorném poli. Jedním podnětem je světelná značka a druhým pozadí v okolí značky. Cíleně se provádí při podezření na výpadek zorného pole, tzv. skotom.



**Analyzátor vrstvy nervových vláken - GDx** (Glaucoma Diagnostics). Tloušťka vrstvy nervových vláken sítnice je měřena pomocí laserové skenovací polarimetrie. Tato technika využívá dvojlomu nervových vláken. Fázového posuvu mezi ordinárním a extraordinárním paprskem po průchodu vrstvou nervových vláken sítnice se využije k měření její tloušťky v peripapilární oblasti. Zařízení je vybaveno skenovací jednotkou s diodou emitující světlo vlnové délky 780 nm, které je spojeno s počítačem převádějícím stupeň polarizace v každém bodě obrazu na tloušťku vrstvy nervových vláken pomocí Fourierovy analýzy.

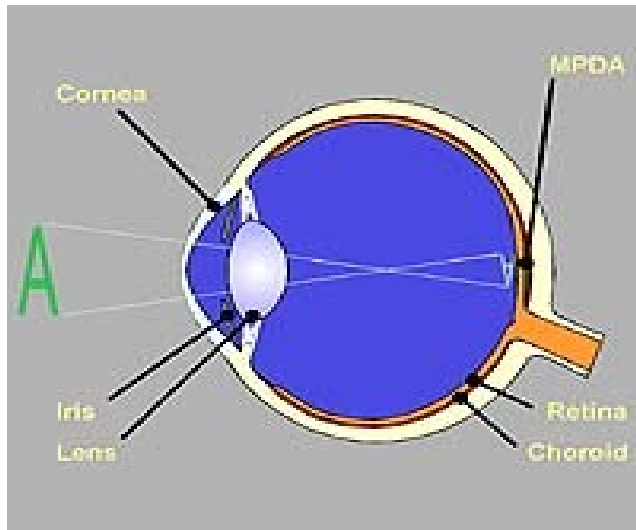
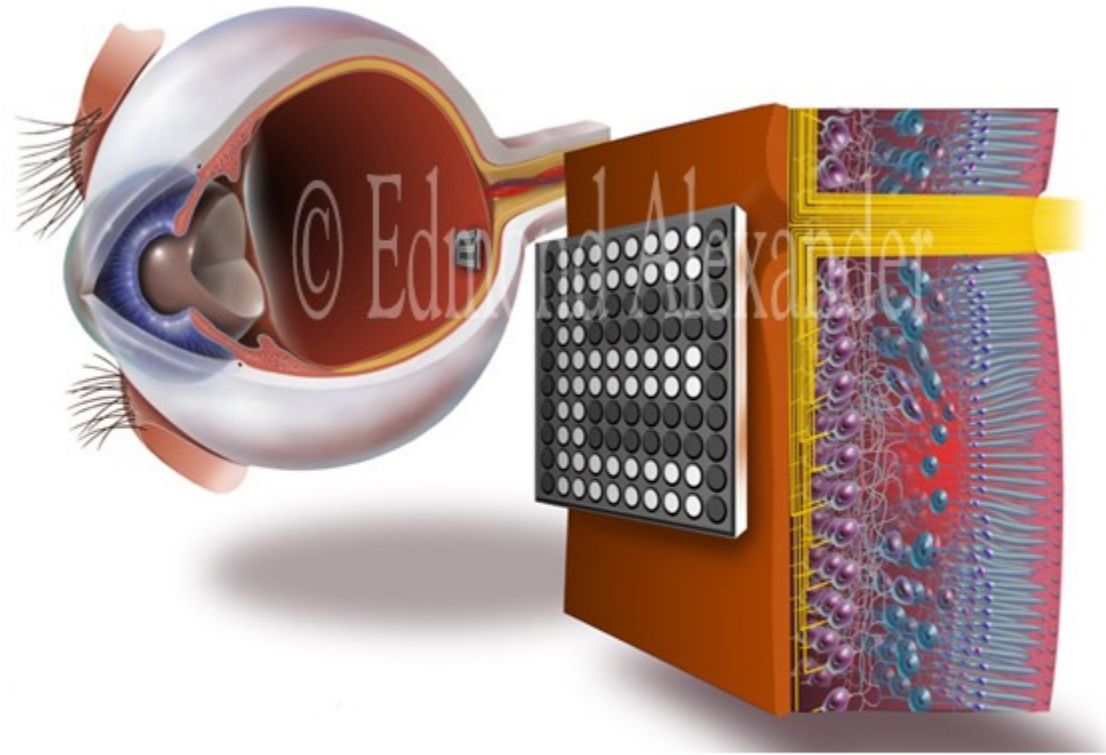
# Elektroretinografie (ERG)

**Elektroretinografie** je vyšetření, při kterém se měří elektrická odpověď světločivých buněk v sítnici. Elektrody jsou umísťovány na rohovku a na kůži v blízkosti oka (unipolární svod), 100 – 400  $\mu\text{V}$ .



# Retinální implantát

[www.nmi.de/deutsch/showprj.php3?id=3&typ=1](http://www.nmi.de/deutsch/showprj.php3?id=3&typ=1)



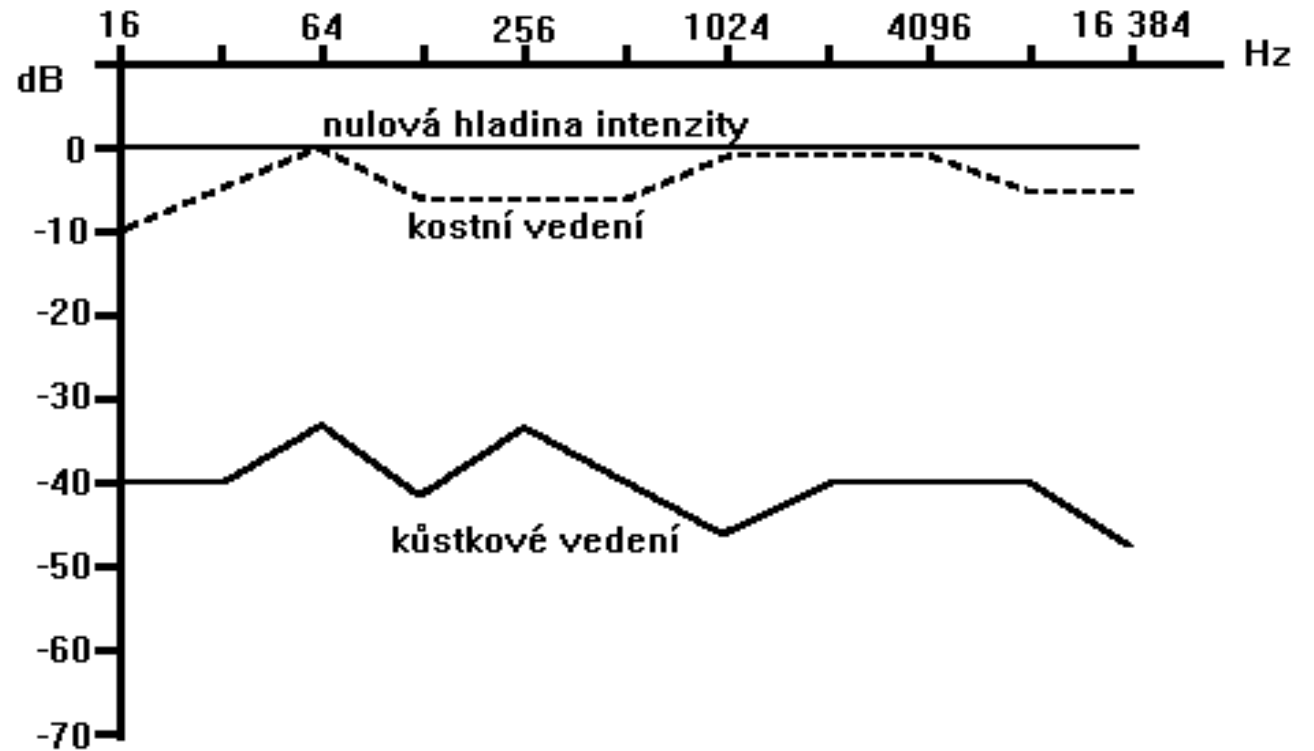
RETINAL IMPLANT  
*Bionic implant in retina simulates vision.*  
For Popular Mechanics Journal, © Edmond Alexander

*MPDA – micro-photo-diode-array*

Toto zařízení je v klinických zkouškách. Lidem postiženým některými druhy slepoty by mělo umožnit základní orientaci v prostoru.

# Audiometrie – vyšetřování vad sluchu

**Audiometrie** – viz praktická cvičení. V klinické praxi získáváme graf **rozdílů hladin hlasitosti v závislosti na frekvenci** ve srovnání s normálním slyšením. **Kostní vedení** se vyšetřuje pomocí ladiček nebo speciálními oscilátory, které jsou přikládány k *proc. mastoideus*.



# Dva typy sluchových poruch

**Porucha vedení zvuku** - příčinou bývá ucpání zvukovodu, ztuhnutí bubínku nebo snížení pohyblivosti kůstek po zánětu. Nevede k úplné hluchotě - část energie proniká do vnitřního ucha kostmi. **Audiogram pro kůstkové vedení je v celém rozsahu frekvencí snížen, kostní vedení je neporušeno.**

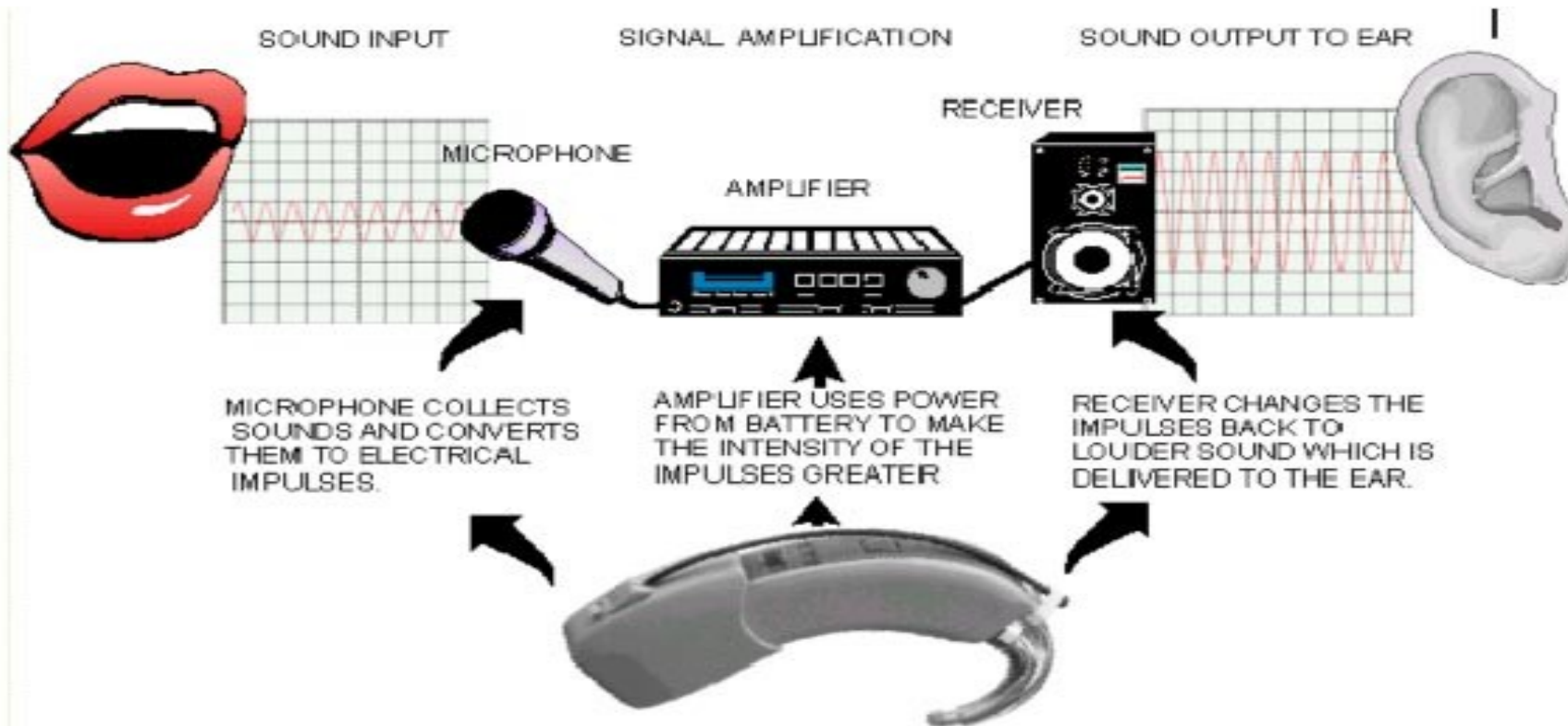
**Porucha vnímání nebo nervového vedení.** Bývá zpočátku omezena na frekvence okolo 4000 Hz. Vliv dlouhého působení hluku. Postižení vnímají zvuk zkresleně. Audiogram prokáže snížení vnímání ve zmíněné frekvenční oblasti, sníženo i kostní vedení. **S věkem se prohlubuje.**

# Korekce poruch slyšení

**Sluchadla:** mikrofon, zesilovač, zdroj energie a vhodný reprodukcí systém. Ten mívá tvar sluchátka s nástavcem, který se zasouvá do zevního zvukovodu.

Někdy je vhodnější **vibrátor**, fixovaný na *proc. mastoideus*. Vibrátor slouží k přenosu zvuku kostním vedením.

Sluchadla zesilují frekvence, které jsou hůře slyšeny - význam filtrace. Moderní sluchadla lze včetně zdroje umístit i do bočnic brýlových obrub nebo zasunout do zvukovodu. Lze jich použít u poruch převodních i u poruch vnímání.



# Další metody v audiologii

**Otoakustická emise** – viz přednáška o biofyzice sluchu.

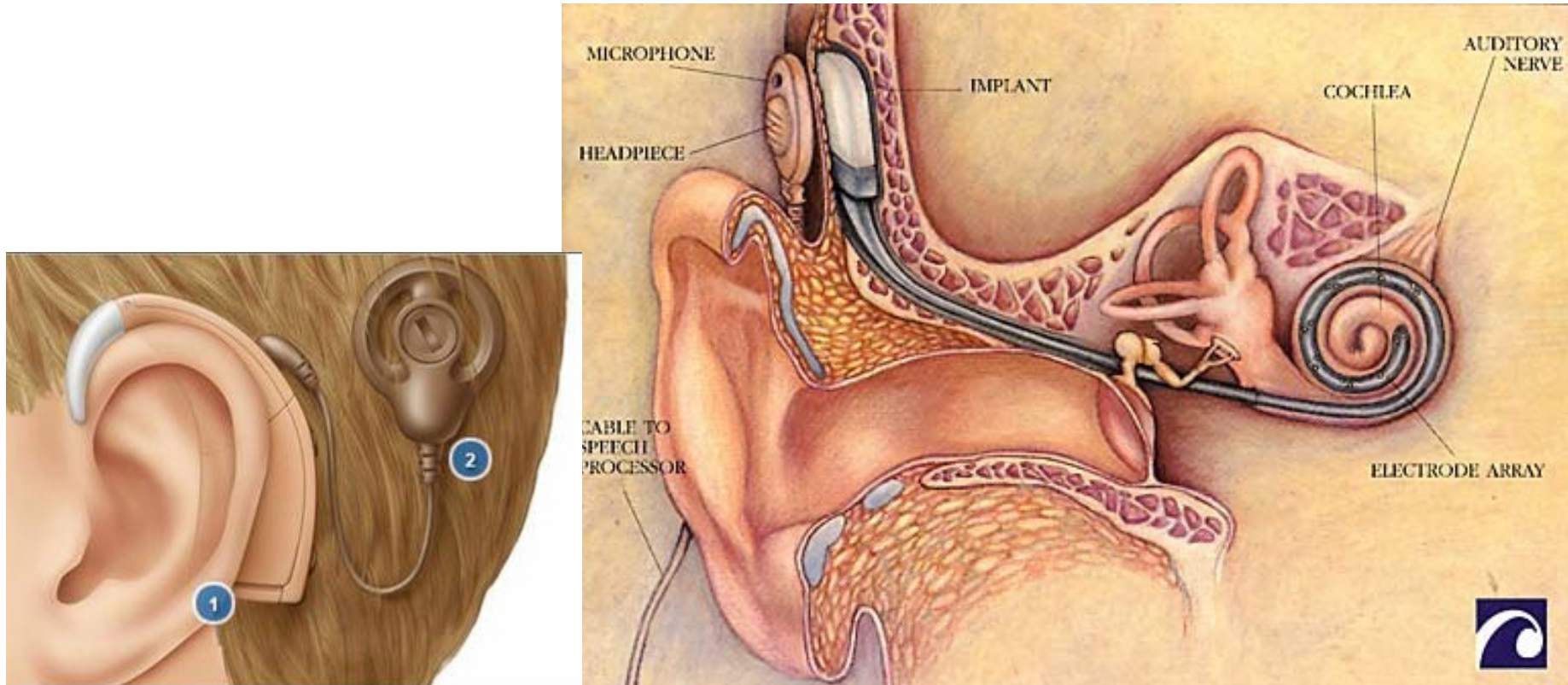
Měření **evokovaných potenciálů** – objektivní ověření přenosu sluchové informace do mozku.

**Tympanometrie** – ověření přenosu akustické energie do středního ucha pomocí odraženého tónu o frekvenci 226 Hz. Testuje se vlastně pružnost bubínku a navazujícího systému kůstek.



# Kochleární implantát

• <http://www.access Excellence.org/AB/BA/biochip3.html>



V posledních cca dvaceti letech je k dispozici metoda umožňující částečnou náhradu slyšení především u dětí se zachovanou funkcí sluchového nervu - **kochleární implantát** - systém elektrod implantovaný do hlemýždě, který dráždí impulsy z tzv. řečového procesoru sluchový nerv a tak částečně nahrazuje C. orgán.

**Autoři:**

**Vojtěch Mornstein, Lenka Forýtková**

**Obsahová spolupráce:**

**Ivo Hrazdira, Carmel J. Caruana**

**Poslední revize: září 2024**