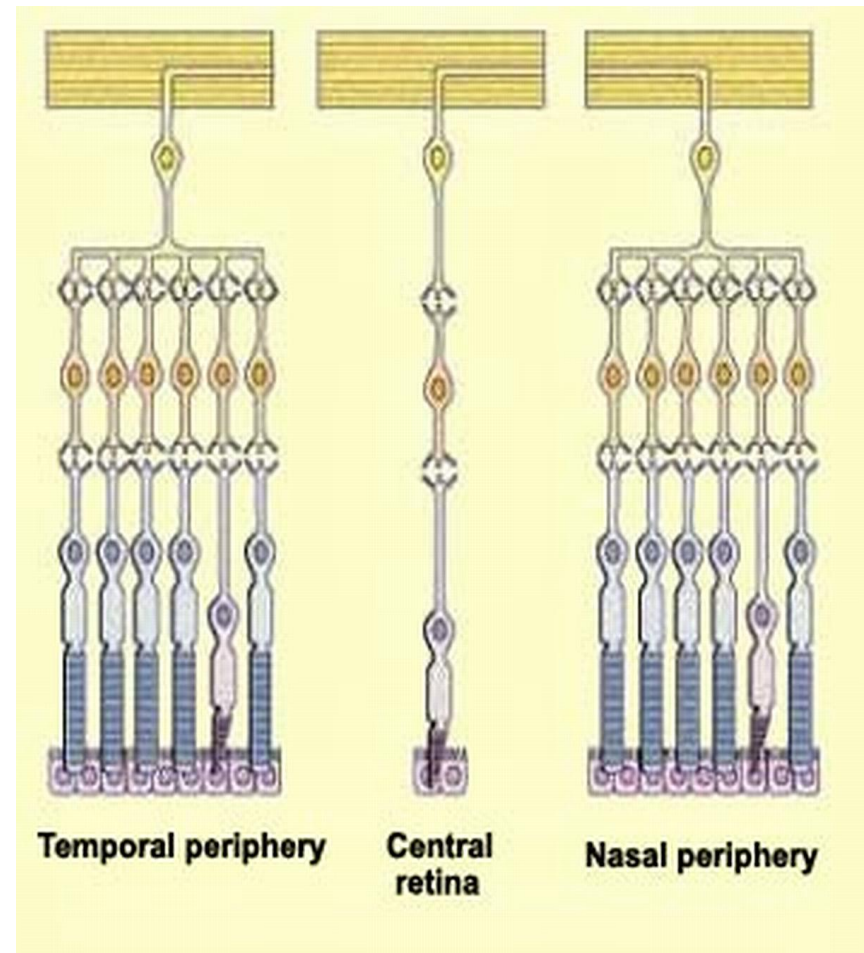


Testování zrakové ostrosti

Mgr. Petr Veselý, DiS.
LF MU Brno

1 Zraková ostrost - úvod

- **Zraková ostrost (ZO)** = schopnost lidského oka rozeznat detaily v předmětovém prostoru
- Zjišťujeme rozlišovací schopnost oka (**minimum separabile, MAR**)
- Jaké faktory ovlivňují ZO?
 - Stimulovaná část sítnice
 - Stav adaptace oka
 - Osvětlení sítnice
 - Kontrast
 - Velikost předmětu
 - Barva předmětu
 - Refrakční vada
 - Velikost zornice
 - Doba expozice
 - Pozorovací vzdálenost
 - Tvar objektu
 - Pohyb objektu
 - Binokularita
 - Isolace objektu
 - Stav akomodace/cykloplegie



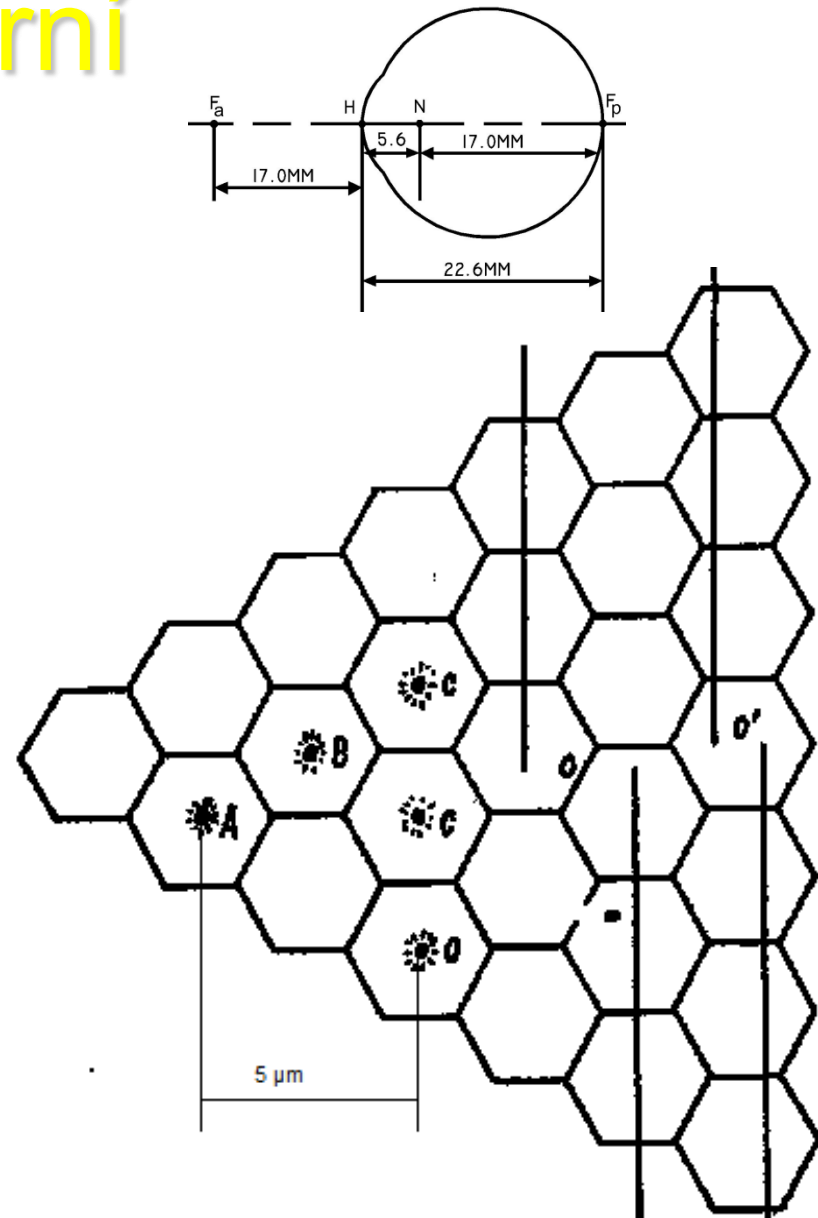
2 Rozlišovací schopnost oka - angulární

- **Angulární (úhlová)**
 - Úhel minimálního rozlišení = rozlišení dvou separovaných bodů v předmětovém prostoru

$$\text{tg } \alpha = 0,005 / 17$$

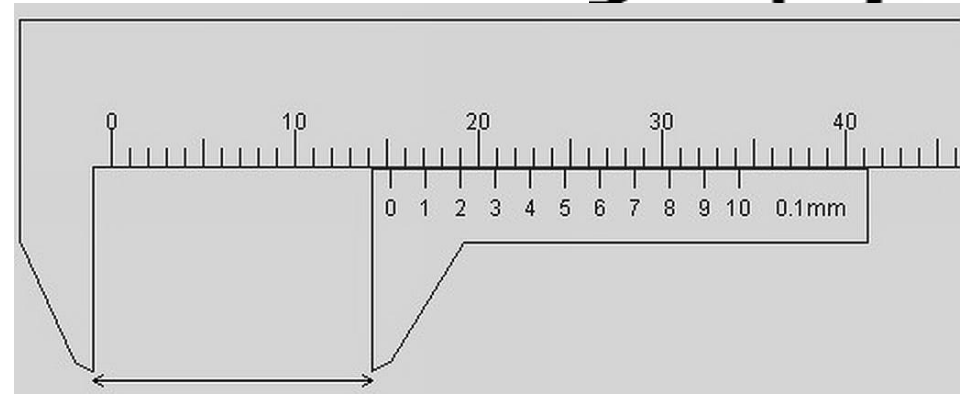
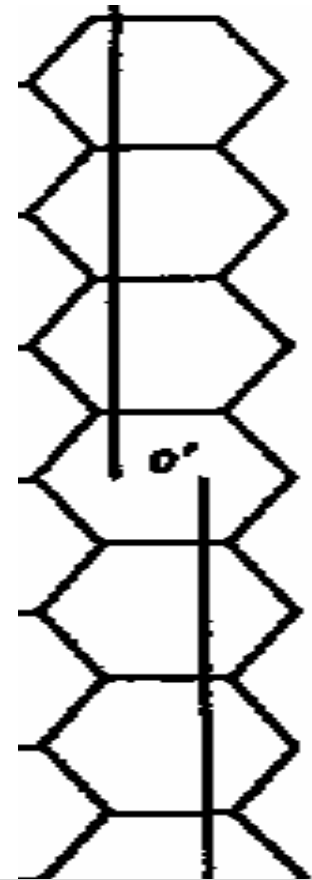
$$\alpha = 0,0168^\circ$$

$$\alpha = 1,01'$$



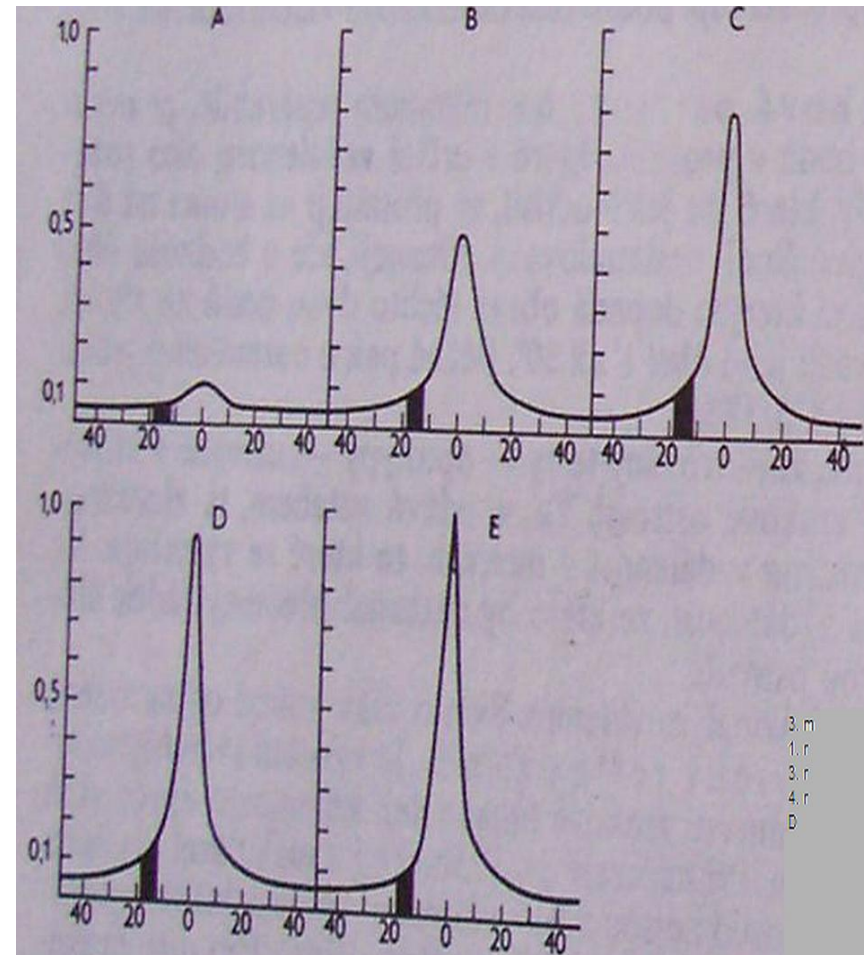
3 Rozlišovací schopnost - noniusová

- **Noniusová nebo
koincidenční (tzv.
Vernier acuity)**
 - 1542 - Pedro Nuñez z
Coimbry
 - Pierre Vernier –
francouzský matematik
 - Principem je koincidence
dvou přímek v
předmětovém prostoru
 - Je **6 – 10 krát** přesnější
než angulární
 - Podílí se na ní více
světločivných elementů



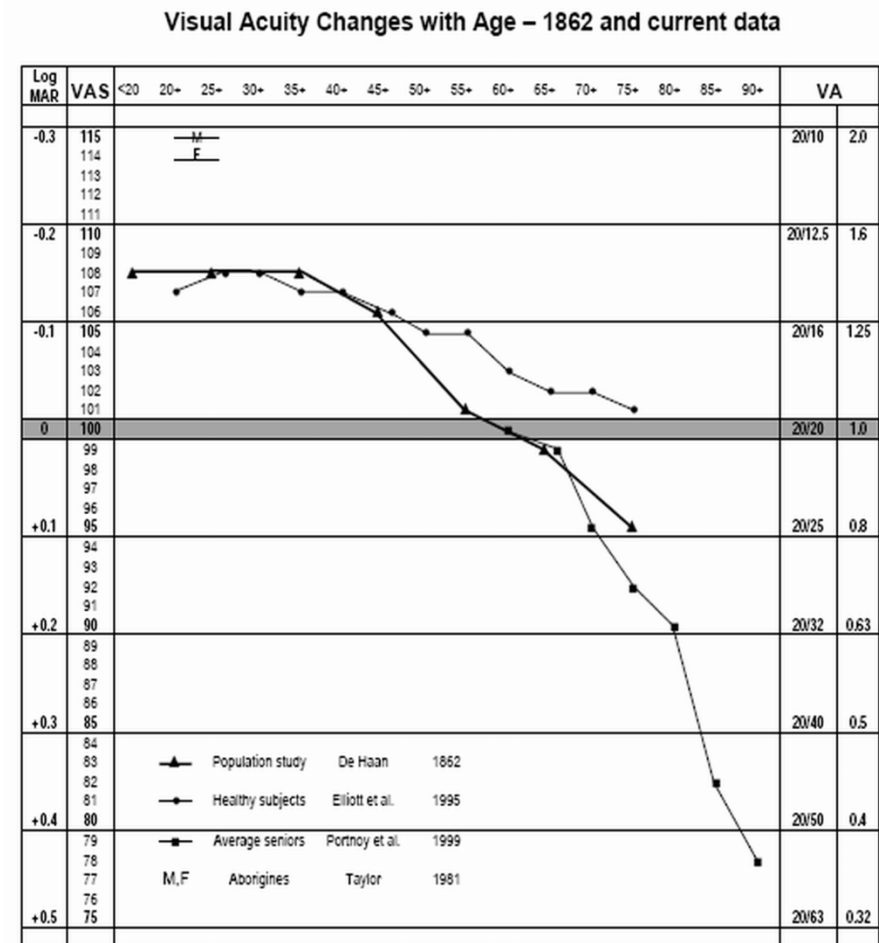
4 Vývoj ZO po narození

- **Novorozenec**
 - Není dokončen vývoj žluté skvrny, zraková ostrost na úrovni světlocitu, převládá periferní vidění
- 1. měsíc po narození
 - Rozeznává pohyb
- 2. měsíc po narození
 - Rozeznává blízké předměty
- **3. měsíc po narození**
 - Rozeznává vzdálené předměty
- **1. rok po narození**
 - Rozvoj prostorového vidění
- **3. rok po narození**
 - Dokončení vývoje žluté skvrny
- **4. rok po narození**
 - Zraková ostrost na úrovni dospělého



5 Vývoj ZO v průběhu života

- **De Haan** – žák Donderse, populační studie z roku 1862
- **Elliott a kolektiv (Univerzita v Brandfordu UK)** – analýza ZO u zdravých subjektů z roku 1995
- **Portnoy a kolektiv (výzkumné středisko San Francisco CA)** – seniorská populace, studie z roku 1999



6 Historický vývoj testování zrakové ostrosti 1

- **Antické Řecko**
 - Rozlišení dvojhvězd
- **Středověk**
 - Rozlišení hořčičných semínek
- **1843**
 - **Heinrich Kuechler**, německý oftalmolog, vyvinul první optotypovou tabuli
- **1854**
 - **Eduard von Jaeger** vyvinul optotypy do blízka
- **1861**
 - **Franciscus Donders** definoval zrakovou ostrost jako poměr zrakové ostrosti subjektu a standardní zrakové ostrosti
- **1862**
 - **Hermann Snellen** publikoval svou optotypovou tabuli, optotypové znaky mohly být rozlišeny pouze se zrakovou ostroostí rovné 1 úhlové minutě
- **1875**
 - **Monoyer** z Lyonu poprvé vyjádřil Snellenův zlomek decimálně

7 Historický vývoj testování zrakové ostrosti 2

- **1888**
 - **Edmund Landolt**, švýcarský oftalmolog, přišel se znakem, který byl stejnoměrně rozpoznatelný, odhad jen 12%
- **1923**
 - **Sergej Golovin a D. Sivtsev**, ruští oftalmologové, vyvinuli optotypovou tabuli s deseti řadami pro ZO od 0,1 až 1,0 (aritmetické uspořádání)
- **1959**
 - **Luise Sloan** navrhl 10 optotypových znaků, které by měly být podobně rozlišitelné
- **1976**
 - **Ian Bailey a Jan Lovie** publikovali nový princip testování ZO založený na interpolační metodě
- **1982**
 - **Rick Ferris a kolektiv z National Eye Institute** použili optotypovou tabuli log MAR pro klinickou studii, která hodnotila léčbu diabetické retinopatie laserovou koagulační metodou (**Early Treatment Diabetic Retinopathy Study**)

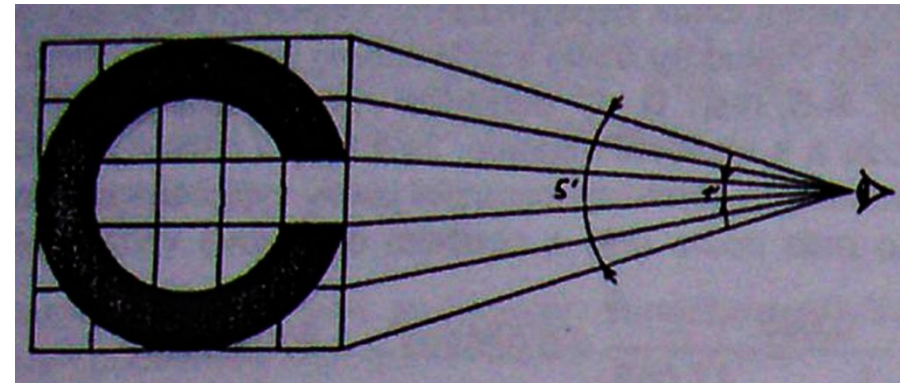
8 Franciscus Donders (1818 - 1889)

- Nizozemský oftalmolog a fyziolog
- Autor knihy **Refrakce a akomodace** (1859)
- **1861 – jako první definoval zrakovou ostrost a standardní oko**
- **Standardní oko** = oko schopné rozpoznat písmena vysoké 5'
- Porovnával oko pacienta se standardním okem a zjišťoval zvětšení a ZO

Size seen by patient / Size seen by "standard eye" = Magnification need

$$\text{Visual Acuity} = 1 / \text{Magnification need}$$

Magnification need:	2x	Visual Acuity:	1/2	0.5
	4x		1/4	0.25
	10x		1/10	0.1



9 Snellenův optotyp

- **Herman Snellen (1834 – 1908)** – nizozemský oftalmolog
- **1862** – Snellenova původní optotypová tabule – 6/60, 6/36, 6/24, 6/18, 6/12, 6/8, 6/6, 6/5, 6/4
- Patkové znaky: **C, D, E, F, L, N, O, P, T, Z**
- Fotopické podmínky: Jas max. **480 cd/m²**



E	1	20/200
F P	2	20/100
T O Z	3	20/70
L P E D	4	20/50
P E C F D	5	20/40
E D F C Z P	6	20/30
F E L O P Z D	7	20/25
D E F P O T E C	8	20/20
L E F O D P C T	9	
F D P L T C E O	10	
P E Z O L C F T D	11	

10 Celořádková metodika na optotypové tabuli Snellen

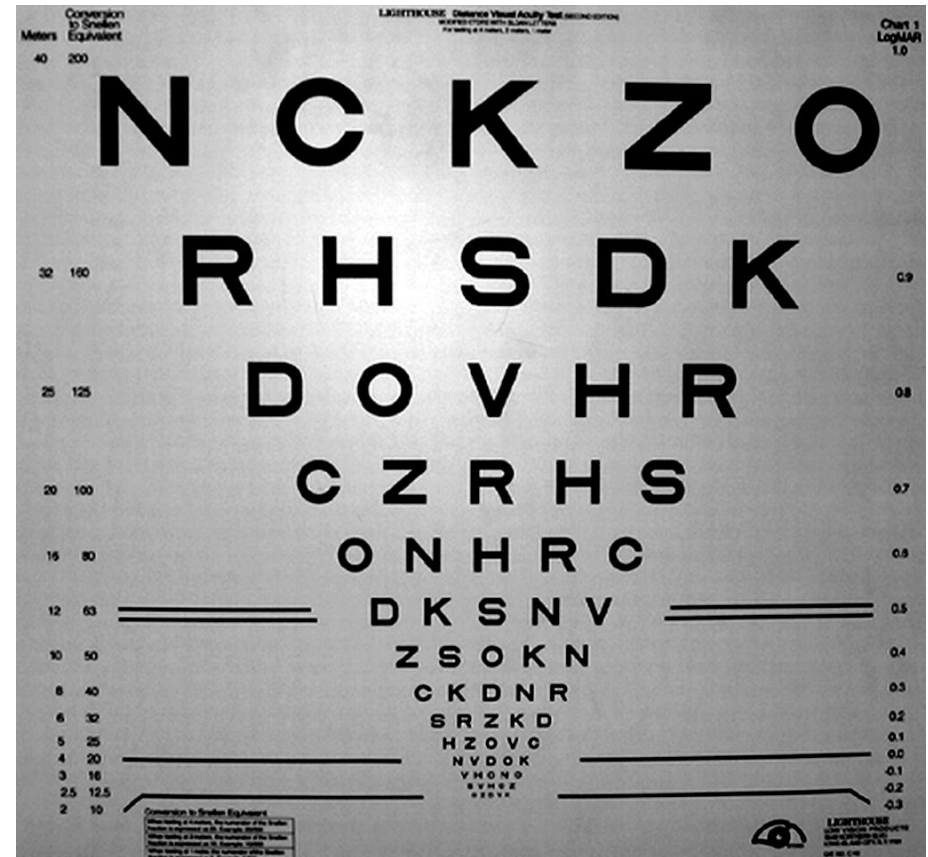
- Dle **ČSN EN ISO 8586**:
Oční optika - Zkouška zrakové ostrosti - Normalizovaný optotyp a jeho zobrazení, 1997
- Za přečtený se považuje ten řádek, kde vyšetřovaný identifikuje min. **60% optotypových znaků**
- **Nevýhody**:
 - Nestejný počet znaků na řádku
 - Nestejné rozestupy mezi znaky
 - Nestejné rozestupy mezi řádky
 - Nestejně čitelné znaky
 - Není možné použít parametrické testování ve statistice
 - Velká TRV

11 Prahová interpolační metoda

- **1976 - Ian Bailey (Kalifornská Univerzita Berkeley) a Jan Lovie** publikovali optotypovou tabuli **log MAR** založenou na logaritmické progresi
- Hlavním principem je **prahová interpolační metoda** testování zrakové ostrosti
- Každý znak má svou konkrétní hodnotu v jednotkách log MAR
- Při 5 znacích na řádek je to **0.02 log MAR**
- **Log MAR = 0 ($\log 1' = 0$), pak ZO decimálně 1,0**
- **Log MAR = 1 ($\log 10' = 1$), pak ZO decimálně je 0,1**
-
- **Výhody:**
 - Stejný počet znaků na řádku (5 nebo 10, každý znak má svou konkrétní hodnotu)
 - Stejné rozestupy mezi znaky
 - Logaritmická progresse mezi řádky (log MAR 0,1)
 - Je možné parametrické statistické testování (t-testy)
 - Nízká TRV

12 Prahová interpolační metoda na optotypové tabuli ETDRS

- 1982 – Rick Ferris a kolektiv z National Eye Institute (součást NIH) použili optotypovou tabuli log MAR pro klinickou studii, která hodnotila léčbu diabetické retinopatie laserovou koagulační metodou (Early Treatment Diabetic Retinopathy Study)
- Schváleno NIH za standard
- Bezpatkové optotypy dle Sloana – N, C, K, Z, O, R, H, S, D, V
- Vyšetřovací vzdálenost 4 m
- Fotopické podmínky
- Zápis: Log MAR ETDRS = 0,1
- Dvě metody skórování



13 Převod mezi decimální hodnotou ZO a log MAR

- **-log ZO = log MAR**

- Z log MAR na decimální ZO:

- -log ZO = -0,1
- ZO = inv log 0,1
- ZO = 1,2589

- -log ZO = 0,1
- ZO = inv log -0,1
- ZO = 0,7943

- Decimální ZO na log MAR:

- -log 0,1 = log MAR
- -(-1) = log MAR
- 1 = log MAR

Snellen visual acuity		Decimal	MAR	logMAR
Metric	Imperial			
6/60	20/200	0.10	10.00	1.0
6/48	20/160	0.13	8.00	0.9
6/38	20/125	0.16	6.30	0.8
6/30	20/100	0.20	5.00	0.7
6/24	20/80	0.25	4.00	0.6
6/19	20/60	0.32	3.20	0.5
6/15	20/50	0.40	2.50	0.4
6/12	20/40	0.50	2.00	0.3
6/9.5	20/30	0.63	1.60	0.2
6/7.5	20/25	0.80	1.25	0.1
6/6	20/20	1.00	1.00	0
6/4.8	20/16	1.25	0.80	-0.1
6/3.8	20/12.5	1.58	0.63	-0.2
6/3	20/10	2.00	0.50	-0.3

14 Některé modifikace log MAR ETDRS

- **Proč modifikovat log MAR ETDRS?**

- Finančně nákladné zařízení
 - Cena cca 2000\$
- Zařízení není možné transportovat (není přenosné)
- Časově náročná metoda
 - Unavující pro vyšetřovaného i pro vyšetřujícího

- **ETDRS-Fast**

- Metoda rychlejšího skórování na tabuli ETDRS

- **cRLM**

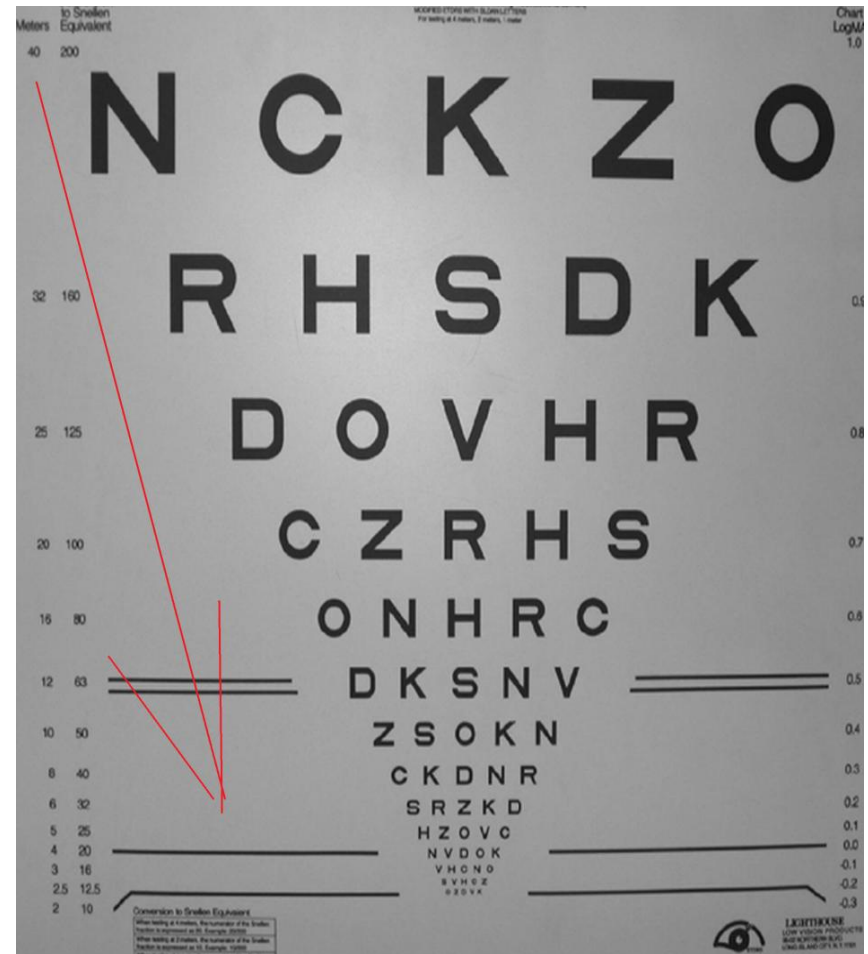
- Compact Reduced log MAR

- **Přenosná tabule ETDRS**

- Levná, přenosná a efektivní metoda testovaná na indické vesnické populaci

15 ETDRS – rychlá varianta (ETDRS-Fast)

- Snahou je zrychlit a zjednodušit vyšetření
- Zároveň zachovat vysokou přesnost a opakovatelnost výsledků (**TRV**)
- Optotypové znaky jsou čteny vertikálně až k řádku, který není čitelný



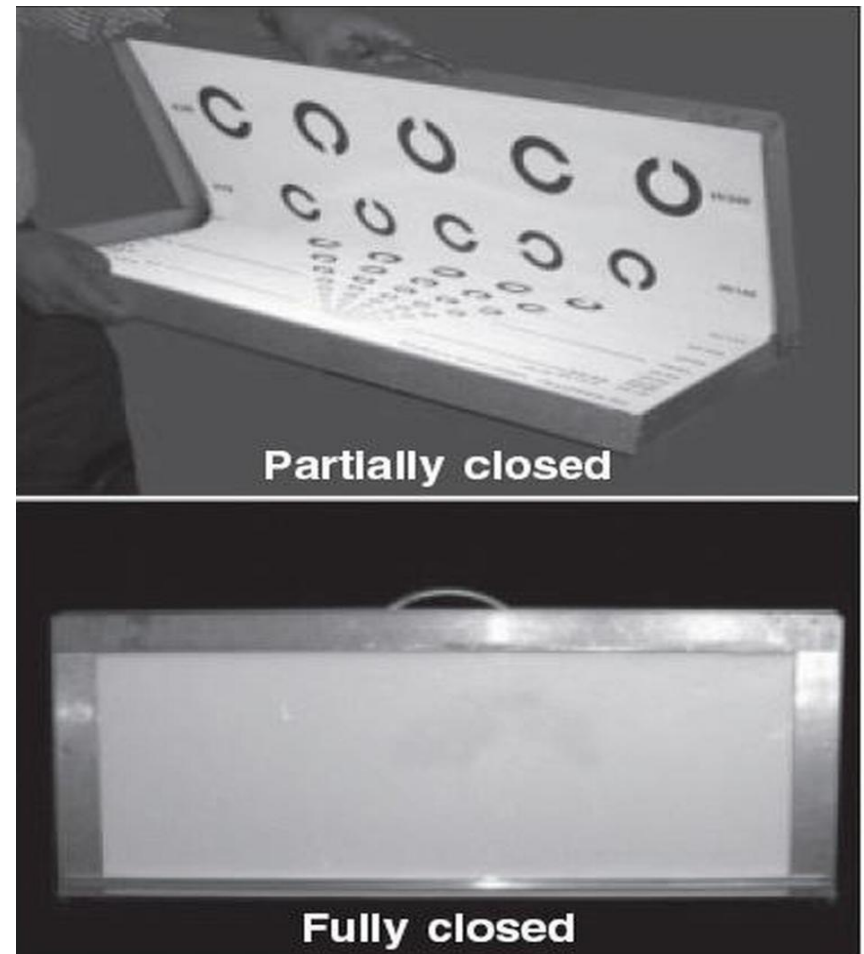
16 Kompaktní redukovaná optotypová tabule (cRLM)

- Optotypová tabule má redukovaný počet optotypových znaků na řádku
- **3** optotypové znaky na řádku
- Při zachování 14 řad k řádku $\log \text{MAR} = 0$ je hodnota jednoho znaku rovna **0,033 log MAR**



17 Přenosná varianta tabule log MAR ETDRS (Portable ETDRS)

- Testováno na vesnické populaci v Indii (možný transport)
- Nástěnná tabule ETDRS + osvětlení
- Standardní vyšetřovací vzdálenost

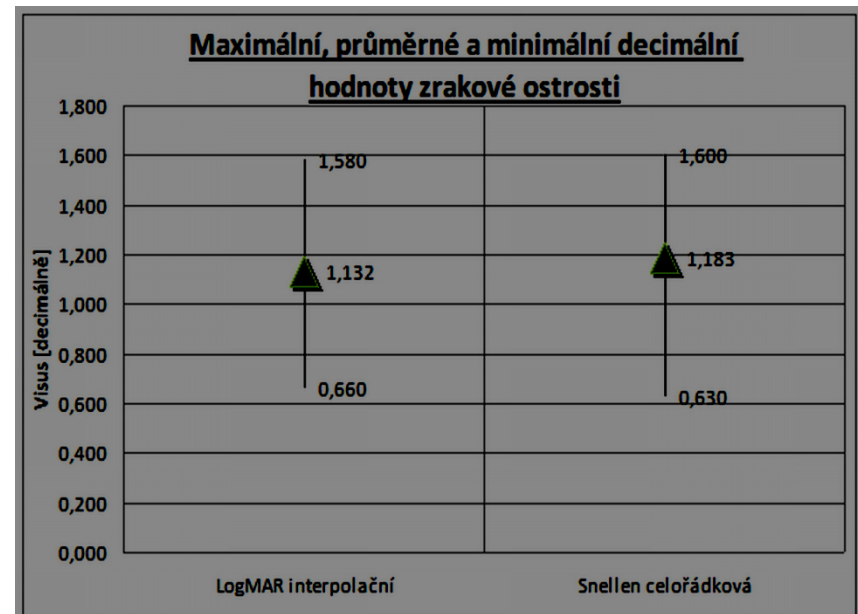


18 Porovnání prahové interpolační a celořádkové metody

- **Test-retest variabilita (TRV, [1])**
 - 95% rozsah pro párová měření
 - Pro ETDRS je TRV 0,07 až 0,19 log MAR
 - U metody dle Snellena je TRV větší než 2 řádky na optotypu (autor: Rosser [6])
- **Přímé srovnání obou metod**
 - Soubor 34 pacientů, 108 měření
 - Zjištěn statisticky významný rozdíl mezi log MAR prahovou interpolační metodou a celořádkovou metodou dle Snellena (6/5,3 a 6/5,07)

Author	TRV*
Elliot and Sheridan ⁵ , Vanden-Bosch and Wall ⁵	± 0.07
Arditi and Cagenello ⁴	± 0.09
Bailey et al. ⁶	± 0.10
Present study	± 0.11
Lovie-Kitchin ¹⁵	± 0.16
Rosser et al. ¹⁶	± 0.18
Reeves et al. ⁷	± 0.19

* Measured in terms of 95% ranges according to Bland and Altman.⁹



19 Další srovnávací studie log MAR versus Snellen

- Falkenstein a kolektiv (Kalifornská Univerzita, publikováno 2008, [2])
 - Srovnání zrakové ostrosti u makulární degenerace měřené dle Snellena a log MAR
 - 142 očí
 - Průměrné hodnoty ZO dle Snellena byly **0,78 log MAR**
 - Průměrné hodnoty na tabuli ETDRS byly **0,54 log MAR**
 - Výsledek: Byl prokázán statisticky významný rozdíl
- Gouthaman a kolektiv (Indická Univerzita)
 - Cílem studie bylo zjistit, zda je možné použít přenosnou tabuli log MAR ETDRS k validnímu hodnocení ZO
 - Výsledky:
 - TRV u přenosného zařízení log MAR ETDRS byl max. **1 řádek**
 - TRV u optotypové tabule metodou dle Snellena byl až **3 řádky**

20 Užítí log MAR ETDRS v klinické praxi

- **Doktorka T.N. Moutray** [5] z oční kliniky v Belfastu zjišťovala, jaké metody se používaly k stanovení ZO v letech 1994-2004
- 160 klinických studií z USA a UK
- USA:
 - 60 studií celořádkovou metodou dle Snellena
 - 14 studií prahovou interpolační metodou log MAR
- UK:
 - 58 studií celořádkovou metodu dle Snellena
 - 20 studií prahovou interpolační metodou log MAR
- **Doporučení:**
 - Hodnoty ZO udávat v obou formátech
 - Hodnoty získané metodou prahovou interpolační na optotypu log MAR ETDRS je možné převést na decimální podobu ZO
 - Hodnoty ZO získané celořádkově nepřevádět na log MAR

Děkuji za pozornost

- Literatura:

1. BLAND, J., ALTMAN, D.: Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. Lancet, 1986: s. 307–10
2. FALKENSTEIN, I., COCHRAN, D., AZEN, S.: Comparison of Visual Acuity in Macular Degeneration Patients Measured with Snellen and Early Treatment Diabetic Retinopathy Study Charts. Ophthalmology, vol. 115, 2008, no. 2: s. 319-323. ISSN 0161-6420
3. GOUTHAMAN, M., RAMAN R., P., KADAMBI, A.: A customized portable LogMAR chart with adjustable chart illumination for use as a mass screening device in the rural population. Jour. Of Postgraduate Medicine, vol. 51, 2005, č. 2: s. 112 – 115
4. KRAUS, H.: Kompendium očního lékařství. 1. Vydání. Praha: Grada, 1997. 346 s.
5. MOUTRAY, T., N.: Change of Visual Acuity Recording Methods in Clinical Studies across the Years. Ophthalmologica, vol. 222, 2008, no. 3: s. 173-177
6. ROSSER, D., et al.: How Sensitive to Clinical Change are ETDRS logMAR Visual Acuity Measurements? Investigative Ophth.and Visual Science, vol. 44, 2003
7. RUTRLE, M.: Přístrojová optika. 1. vydání. Brno: IDVPZ, 2000. ISBN 57-851-00
8. SYNEK, S., SKORKOVSKÁ, Š.: Fyziologie oka a vidění. 1. vydání. Praha: Grada, 2004
9. VENTRUBA, J.: Psychofyzikální vyšetřovací metody a subjektivní hodnocení zrakových funkcí u pacientů před a po operaci katarakty. Disertační práce. Vedoucí práce: Doc. MUDr. Svatopluk Synek, CSc. Brno: Lékařská fakulta, 2005
10. VESELY, P.: Testování zrakové ostrosti ostrosti prahovou interpolační metodou log MAR ETDRS. Česká oční optika, č.2, 2008. str. 12-14

- Internet:

- http://en.wikipedia.org/wiki/Snellen_chart
- <http://www.optics.cz/history/2-2008/index.htm>
- <http://www.nih.gov>
- <http://www.nationaleyeyeinstitute.org/neitrials/viewStudyWeb.aspx?id=53> (Ferris -ETDRS)
- <http://www.vectorvision.com/html/testsLOGMARAcuity.html> (standardní tabule ETDRS)