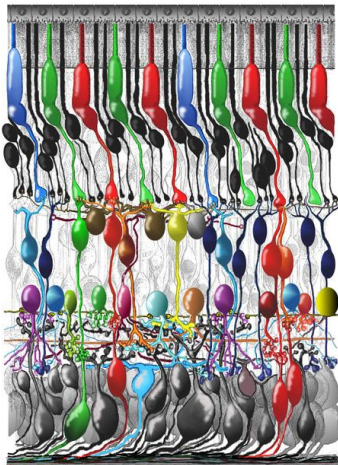
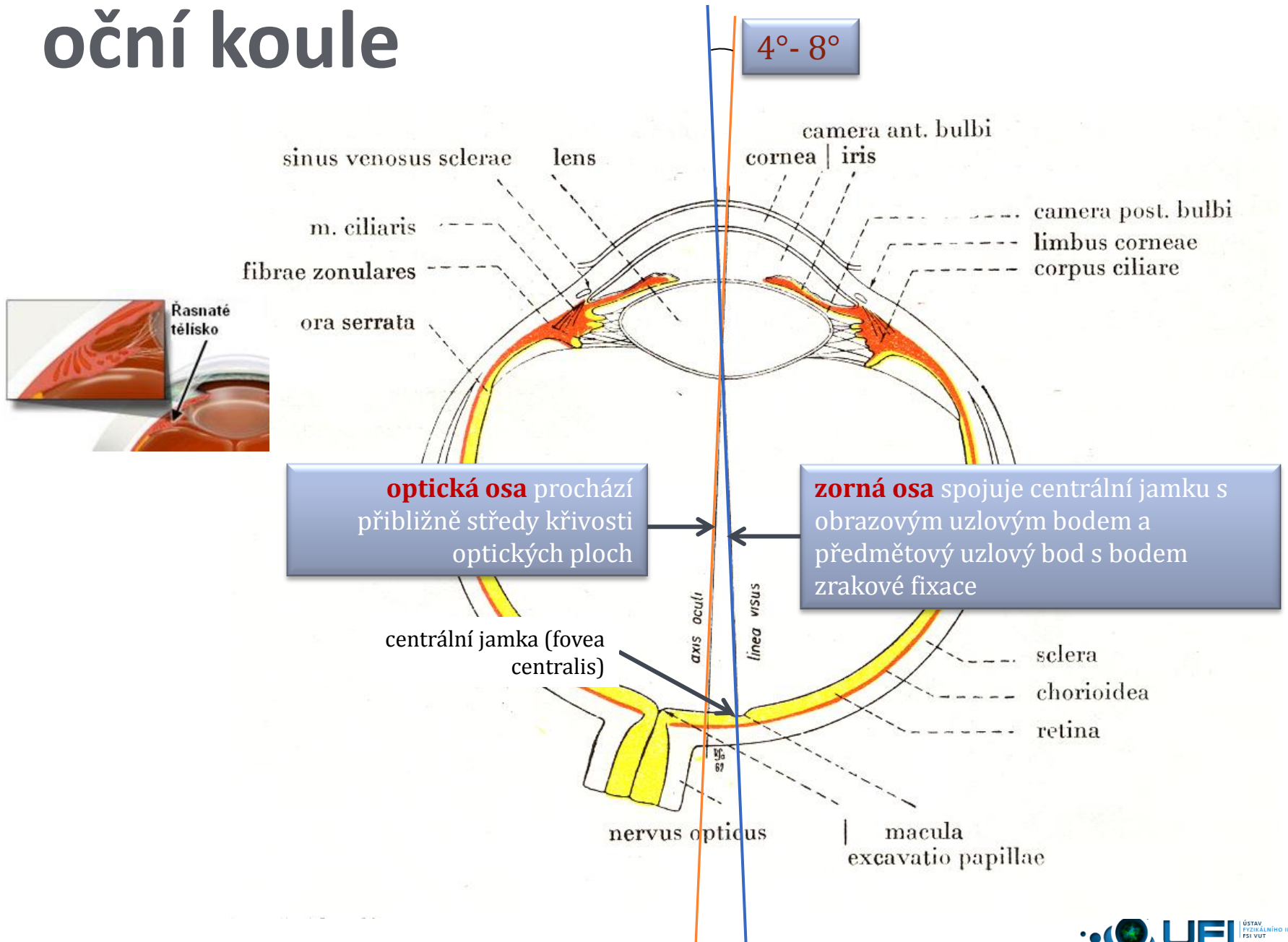


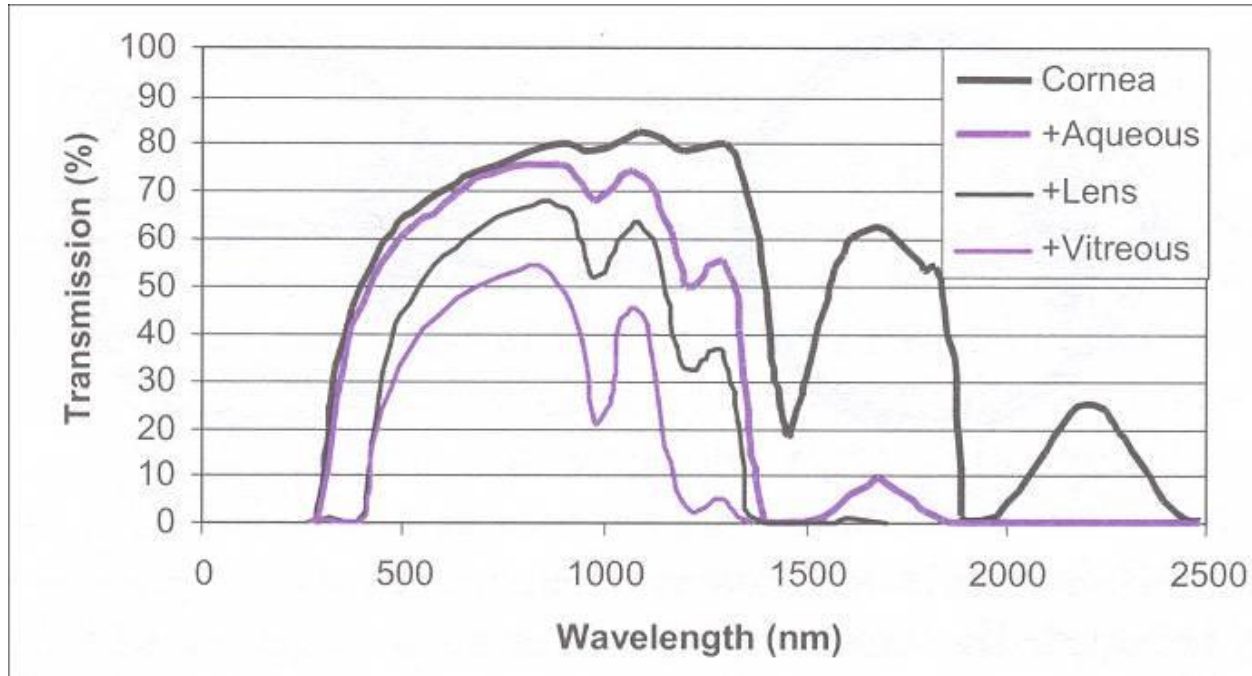
zraková ostrost, vizus optotypy



oční koule



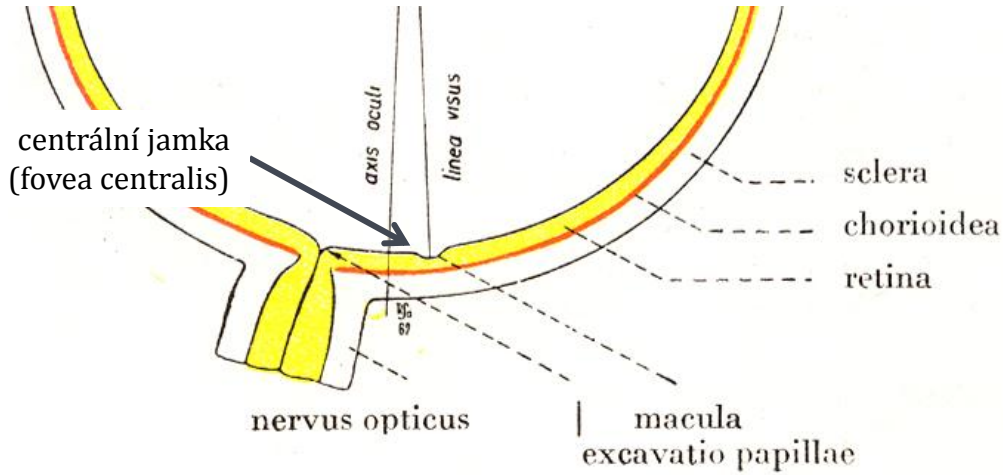
spektrální propustnost oka



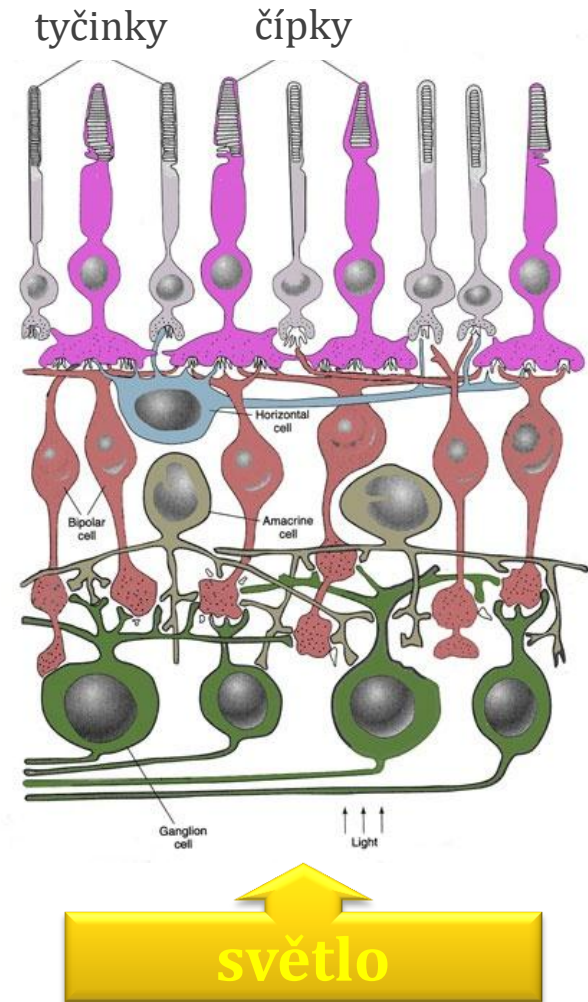
**kumulativní spektrální propustnosti
jednotlivých optických vrstev oka**

(J. Schwiegerling: Field Guide to Visual and Ophthalmic Optics, SPIE Press, Bellingham 2004)

sítnice



- opticky aktivní část leží na cévnatce
- světlo prochází několika vrstvami buněk k **fotoreceptorům** (tyčinky, čípky)
- zde je světlo absorbováno a signál prochází **bipolárními buňkami** k sítnicovým **gangliovým buňkám**
- odtud jde signál do mozku



fotoreceptory sítnice

fotoreceptory

- vnější vrstva s jádrem, vnitřní segment, vnější segment s fotocitlivým pigmentem

tyčinky

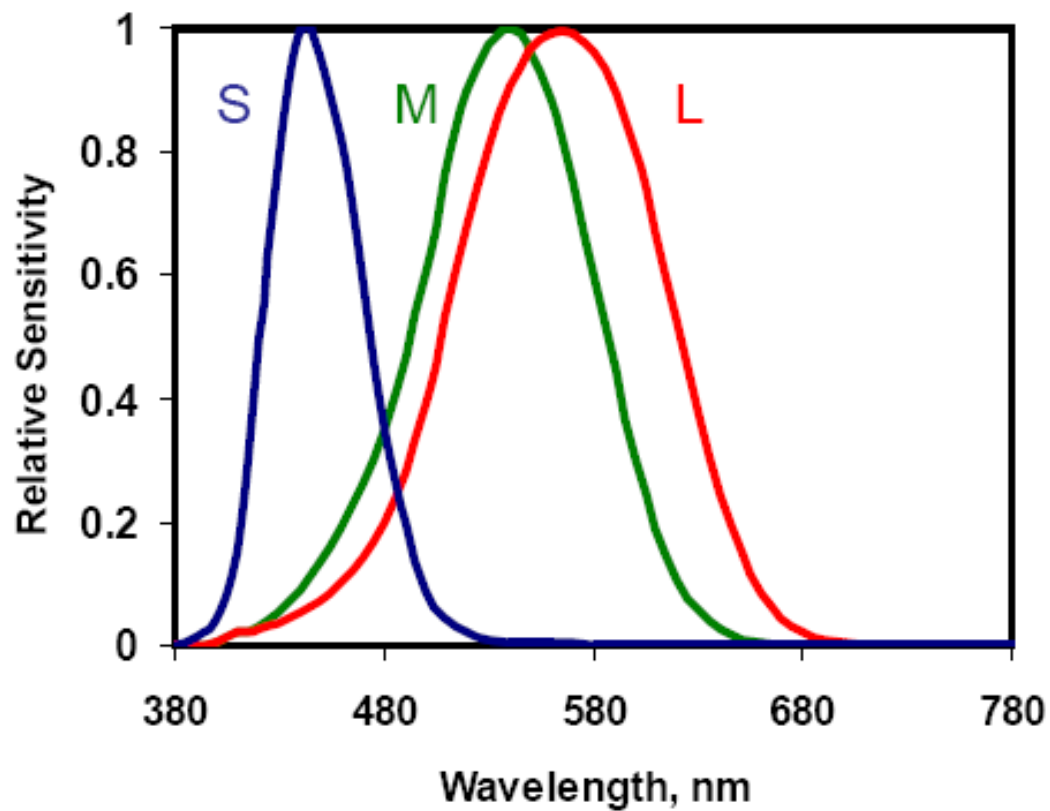
- vnější segment tvořený oddělenými disky naplněnými rhodopsinem
- noční, tzv. skotopické, monochromatické vidění
- „vysvěcují se“ v jasném světle
- rychlá časová odezva
- hlavně v okrajových částech sítnice, nejsou v centrální části (0,2 mm)
- v sítnici asi 125 milionů

čípky

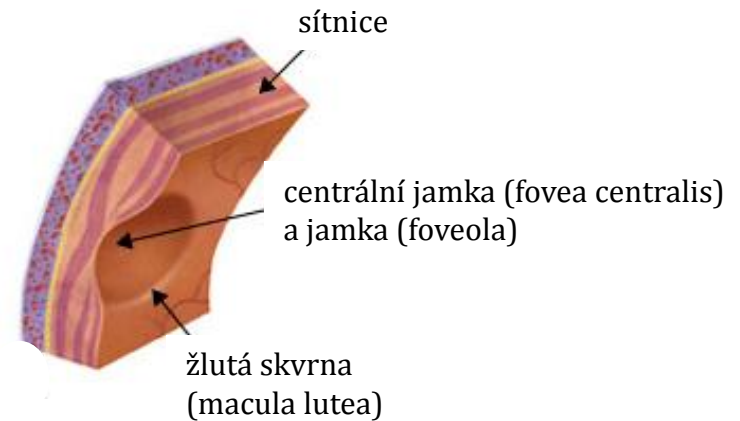
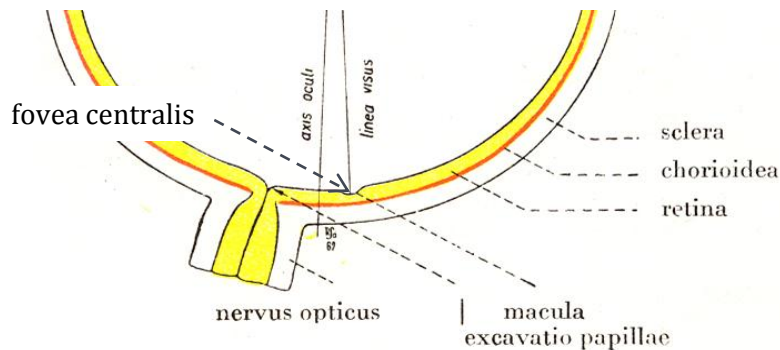
- vnější segment tvořený řasami naplněnými fotocitlivou látkou
- denní, tj. fopické barevné vidění
- 3 skupiny (pro krátké, střední a dlouhé vlnové délky světla)
- necitlivé ve tmě, pomalá časová odezva
- většinou v centrální jamce (fovea centralis), částečně i na okraji sítnice
- v sítnici asi 6,4 milionu



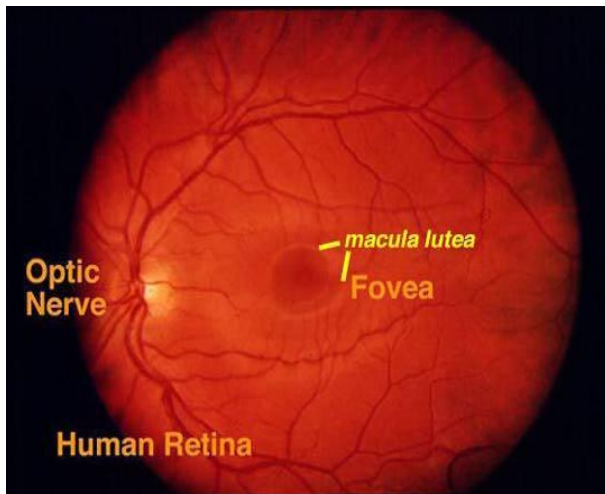
spektrální citlivost čípků



žlutá a slepá skvrna



zobrazení lidské sítnice oftalmoskopem



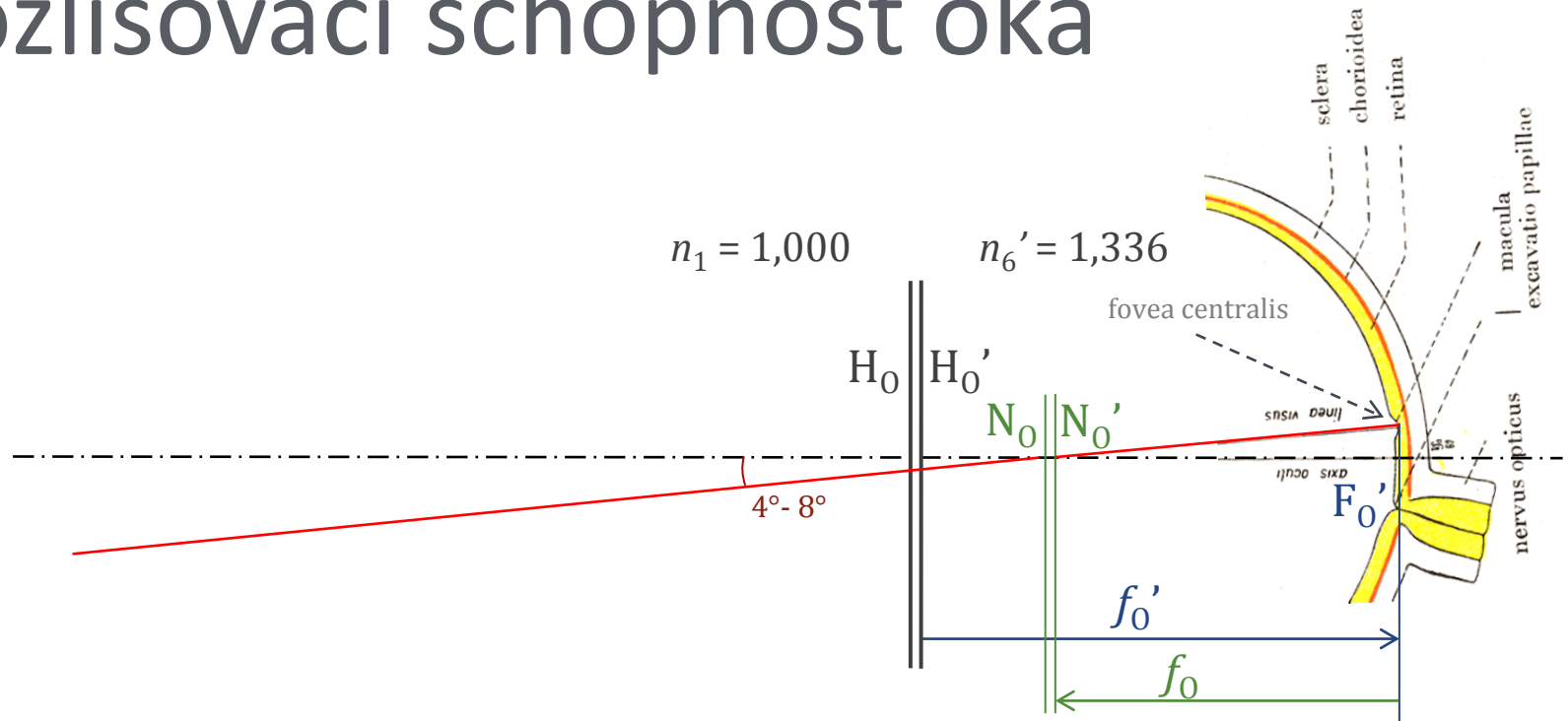
žlutá skvrna (průměr 2 - 3 mm)

- vysoká zraková ostrost: **v centrální jamce** (průměr asi 1,25 mm, bezcévná oblast) připadá **1 neuron na 1 čípek**
- **ve středu centrální jamky (foveola, průměr asi 0,25 – 0,35 mm) jen čípký**; jsou delší a štíhlejší, než v jiných částech sítnice
- průměr čípku **cca 2,5 μm v centrální jamce**, rychle roste až k **10 μm na okraji sítnice**
- v centrální jamce asi 30 tisíc čípků, v oblasti žluté skvrny asi 130 tisíc, (v celé sítnici asi 6,4 milionu čípků)

slepá skvrna

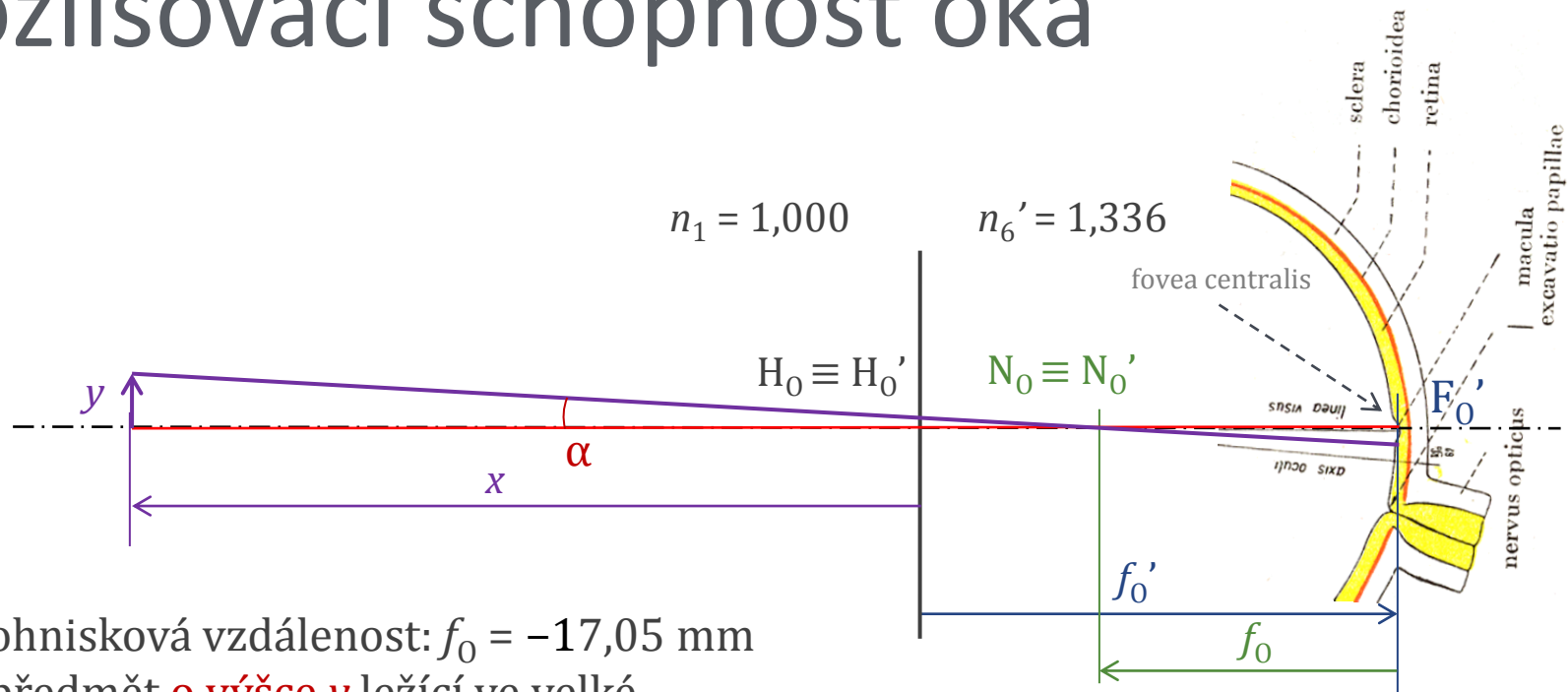
- vstup zrakového nervu, nasální strana oka
- neobsahuje fotoreceptory
- 1,5 mm x 2 mm, 5° x 7° z uzlového bodu

rozlišovací schopnost oka



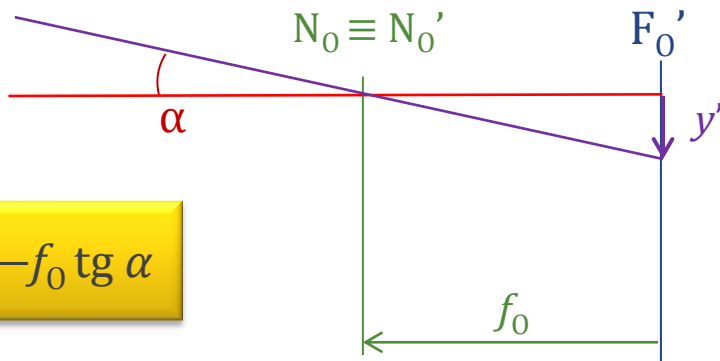
- konjugované páry hlavních rovin a uzlových bodů mají vzdálenosti 0,25 mm, proto se sjednocují do **jedné hlavní roviny** oddělující indexy lomu vzduchu a sklivce a do **jednoho hlavního bodu** (redukovaný model oka)
- ohniskové vzdálenosti: $f_0' = 22,78$ mm, $f_0 = -17,05$ mm, délka oka 24 mm
- oko se natáčí tak, aby bod zájmu (fixace) ležel **na spojnici se sdruženým uzlovým bodem a fovea centralis**

rozlišovací schopnost oka



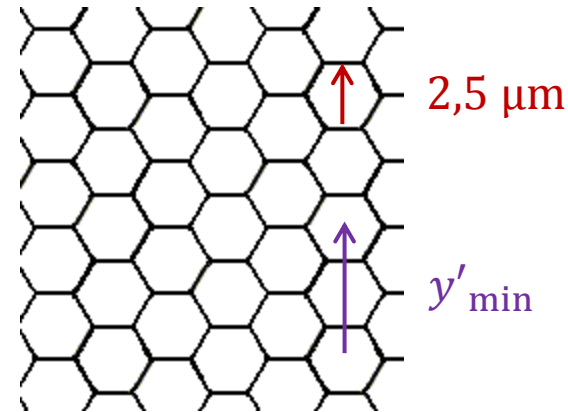
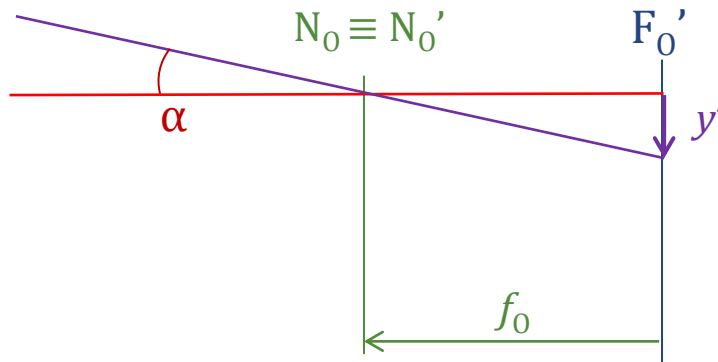
- ohnisková vzdálenost: $f_0 = -17,05$ mm
- předmět **o výšce y** ležící ve velké vzdálenosti před okem (optické ∞), se zobrazuje **pod úhlem α** na sítnici,
- obraz na sítnici má **velikost y'**

$$y' = -f_0 \frac{y}{x} = -f_0 \operatorname{tg} \alpha$$



rozlišovací schopnost oka

čípky ve fovea centralis:

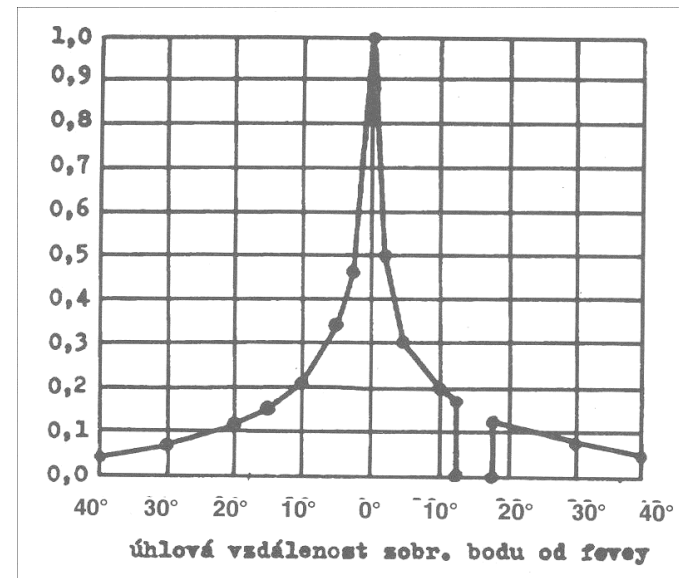


$$y' = -f_0 \operatorname{tg} \alpha$$

$$\operatorname{tg} \alpha_{\min} = \frac{y'_{\min}}{f_0} = \frac{0,005 \text{ mm}}{17,05 \text{ mm}} \approx 0,00029$$

minimum separabile:

$$\alpha_{\min} \approx 0,00029 \text{ rad} = 0,9969' \approx 1'$$



tabule užívaná před r. 1850

1. Kluge	1. Reich	1. Jagd
2. Mainz	2. Bauer	2. Hund
3. Schloß	3. Ruine	3. Gebirg
4. Leeheim	4. Straße	4. Festung
5. Bergstraße	5. Lenzburg	5. Fünfzig
6. Residenzschloß	6. Feldweg	6. Uferland
7. Lindenbaum	7. Eisenbahn	7. Vogelfang
8. Pulvermühle	8. Baumeister	8. Stadtgericht
9. Ofendhür	9. Bauernstand	9. Arbeitshand
10. Kleinbierohle	10. Dreijährtag	10. Augenschwäche
11. Kuchentopf	11. Schrotstein	11. Kuchentopf
12. Kuchentopf	12. Kuchentopf	12. Kuchentopf

zraková ostrost – první definice



Franciscus Cornelis Donders
(1818 – 1889)

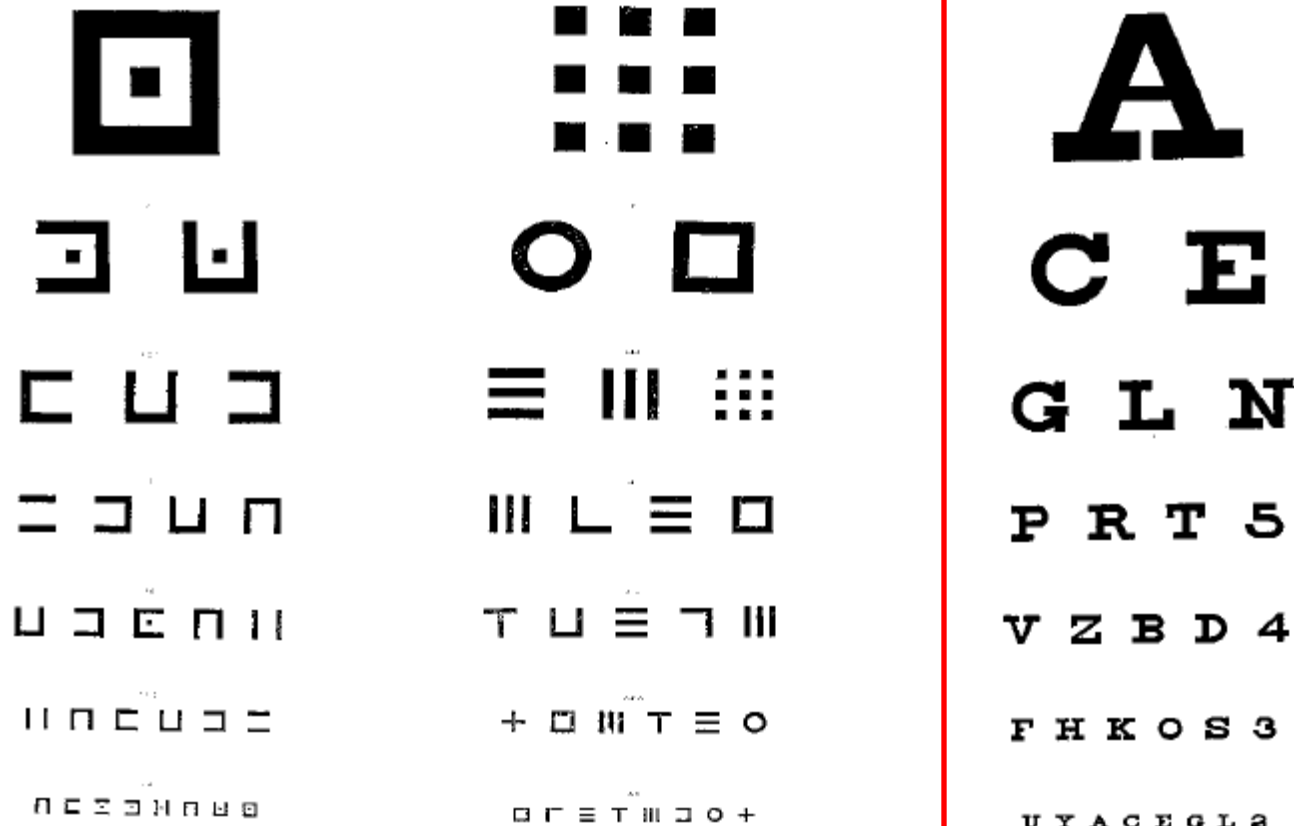
Definoval „**standardní oko**“ jako oko schopné rozlišit písmena, která jsou vysoká 5' (r. 1861)

Pak posuzoval pacientovo oko podle **zvětšení** znaků, které bylo potřebné k tomu, aby pacient rozlišil totéž, co „standardní oko“.

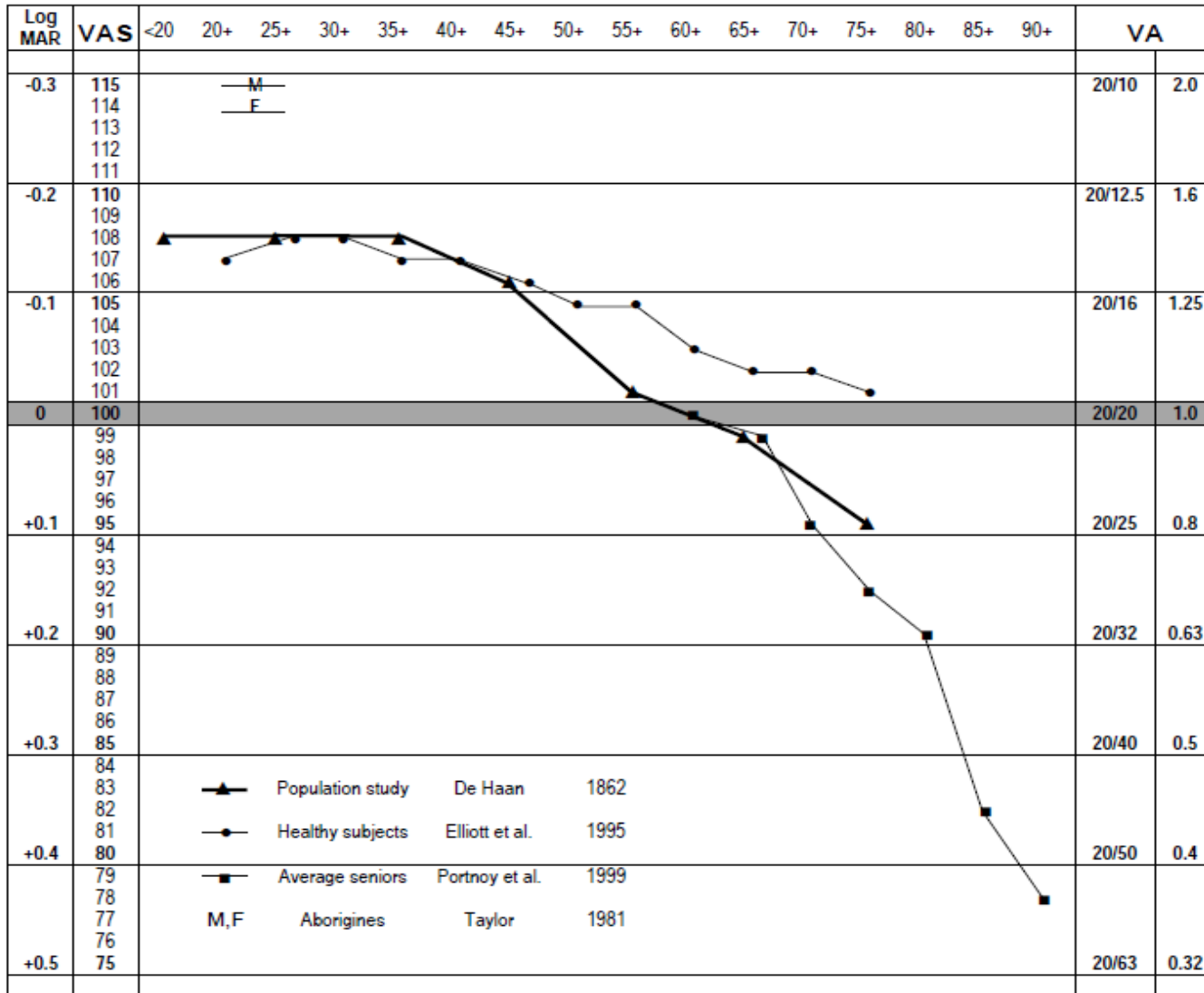
$$V = \frac{1}{\text{nutné zvětšení znaků}}$$

zvětšení:	2x	zraková ostrost:	1/2	0.5
	4x		1/4	0.25
	10x		1/10	0.1

Snellenovy tabule (1862)



závislost zrakové ostrosti na věku



← standard

VIZUS

$$V = \frac{1}{\text{zvětšení znaků}} = \frac{\text{velikost znaků rozlišená normálním pozorovatelem}}{\text{velikost znaků rozlišená vyšetřovaným}}$$

$$V = \frac{\tan \alpha_{N,min}}{\tan \alpha_{V,min}} = \frac{x_V y_N}{x_N y_V} = \frac{x_V}{x_N} \frac{y_N}{y_V}$$

$$V = \frac{\text{největší vzdálenost, v níž to může přečíst vyšetřovaný}}{\text{největší vzdálenost, v níž to může přečíst normální pozorovatel}}$$

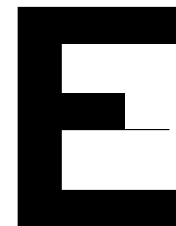
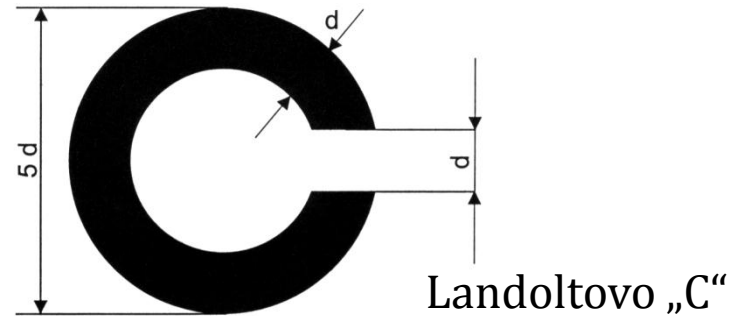
$$V = \frac{\text{základní vyšetřovací vzdálenost}}{\text{vzdálenost, z níž se kritérium nejmenšího znaku, který přečte vyšetřovaný, jeví pod úhlem } 1'}$$

... obvykle uvedeno na optotypu

Snellenova optotypová tabule



- 1 20/200
- 2 20/100
- 3 20/70
- 4 20/50
- 5 20/40
- 6 20/30
- 7 20/25
- 8 20/20
- 9
- 10
- 11



Plügerův „hák“

vyšetřovací vzdálenost

$V =$ _____

**vzdálenost, z níž se znak
(základní kritérium znaku)
jeví pod úhlem 5' (1')**

odstupňování velikosti optotypů

V des. č.	V zlomkem	poměry
0,10	6/60	-
0,20	6/30	2,0
0,25	6/24	1,25
0,33	6/18	1,32
0,40	6/15	1,21
0,50	6/12	1,25
0,67	6/9	1,34
1,00	6/6	1,49
1,50	6/4	1,5
0,10	5/50	-
0,17	5/30	1,7
0,25	5/20	1,47
0,33	5/15	1,32
0,50	5/10	1,51
0,67	5/7,5	1,34
1,00	5/5	1,49
1,25	5/4	1,25

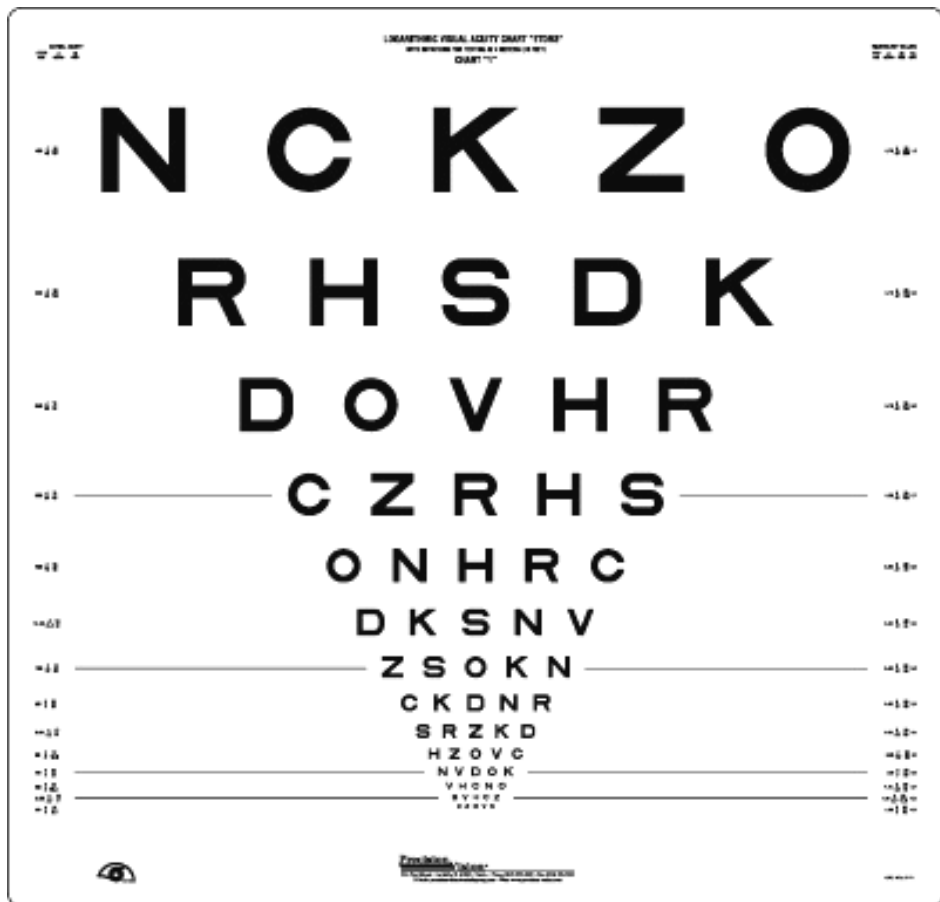
odstupňování velikosti optotypů

Log MAR	VAR	V zlomkem	V des. č.
1,0	0	6/60	0,10
0,9	10	6/48	0,125
0,8	20	6/38	0,16
0,7	30	6/30	0,20
0,6	40	6/24	0,25
0,5	50	6/19	0,32
0,4	60	6/15	0,40
0,3	70	6/12	0,50
0,2	80	6/9,5	0,63
0,1	90	6/7,5	0,80
0,0	100	6/6	1,00
-0,1	110	6/4,75	1,25
-0,2	120	6/3,75	1,60
-0,3	130	6/3	2,00

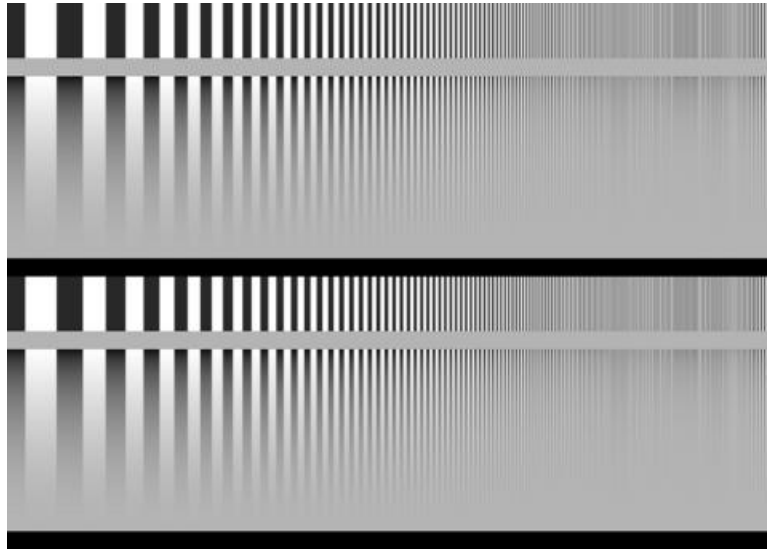
$$\text{LogMAR} = \log_{10}(1/V)$$

$$\text{VAR} = 100(1 - \text{LogMAR})$$

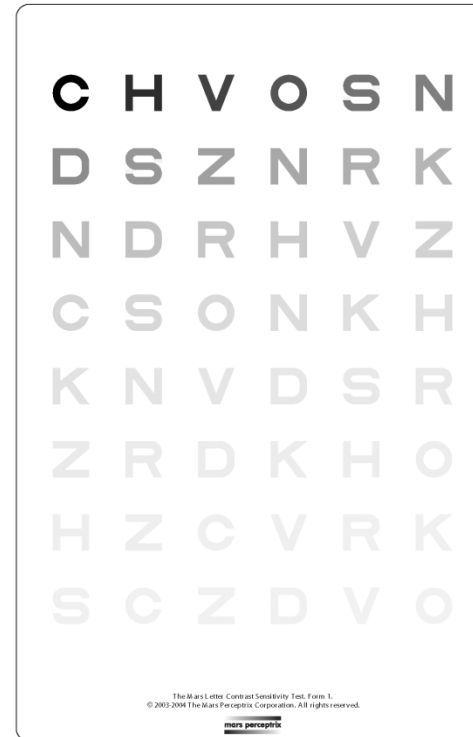
optotypové tabule ETDRS, cRLM



kontrastní tabulky



Kontrastní tabulka



Optotypový test na kontrastní citlivost