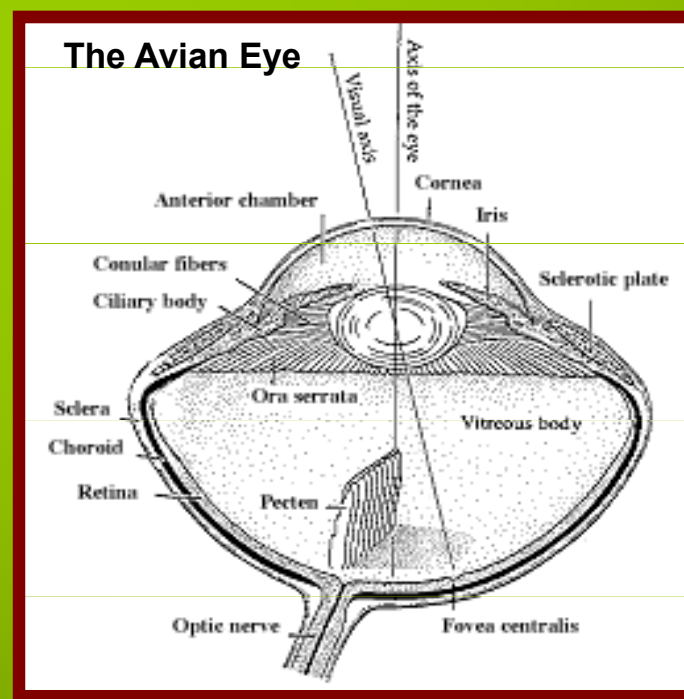
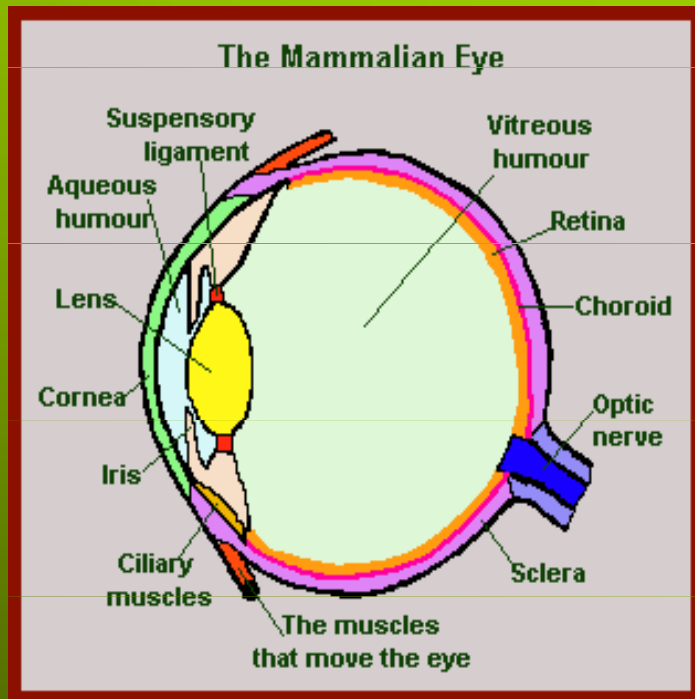


# Zrak obratlovců a zpracování obrazové informace ve vztahu k orientaci v prostoru

Markéta Kvíčalová

# Zrak

- nejvíce informací získává člověk díky tomuto smyslu (80%)
- rozeznání kontrastů a kontur
- orientace v prostoru
- smyslovým orgánem oko



hřebínek  
sklerotikální prsteneček



**Barevné vidění** – čípky, v lidském oku tři druhy, soustředěny ve žluté skvrně, liší se barevnými pigmenty a citlivostí k vlnovým délkám (červená, zelená, modrá) → **trichromatické vidění**

tyčinky – vidění za šera, okrajové části sítnice, citlivější na světlo

**Tetrachromatismus** – 4 typy čípků (ptáci)

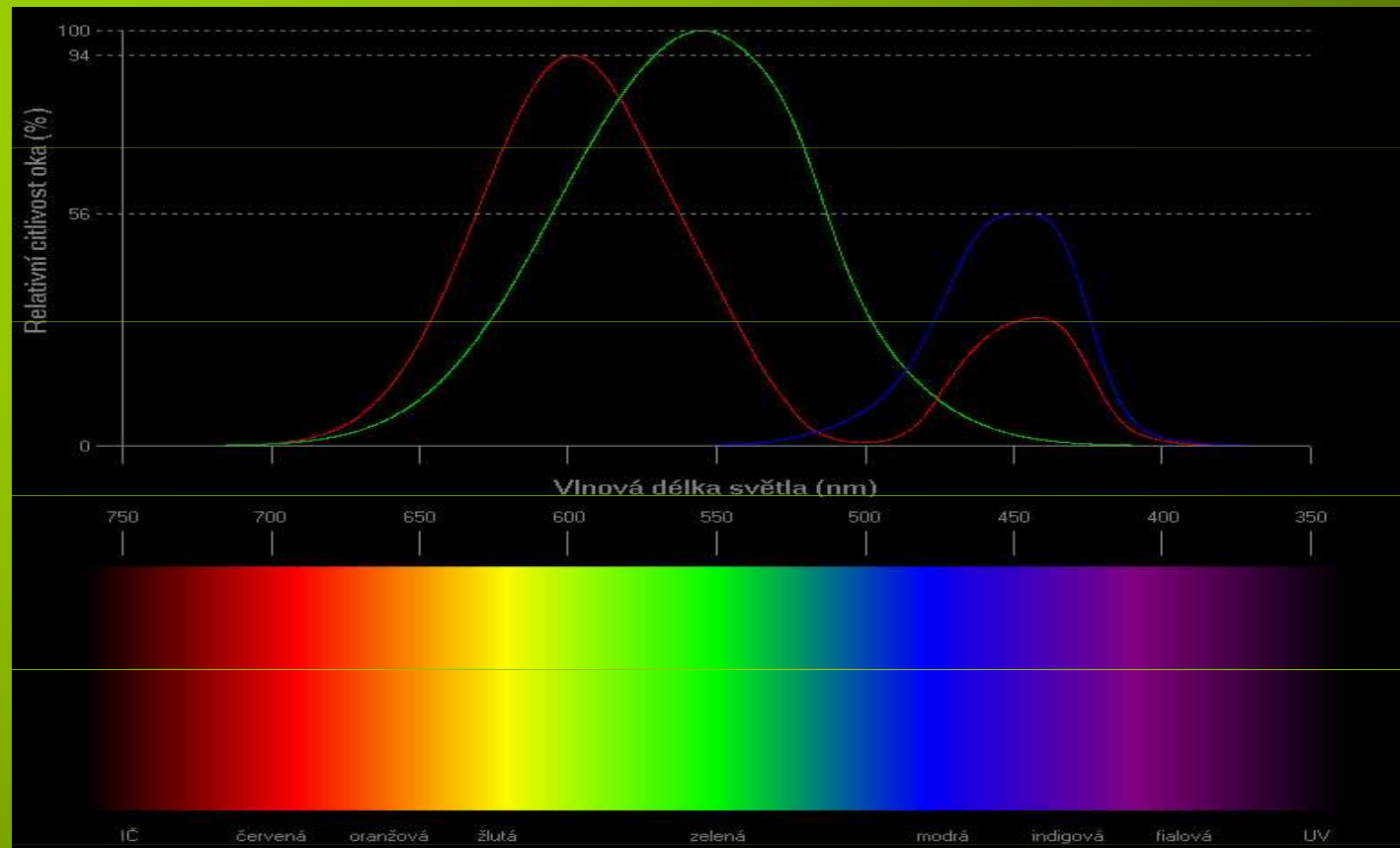
**Chřestýš** – mezi nosními otvory dva malé jamkovité orgány, jimiž může zachytit infračervené záření

**Ptáci a hmyz** – schopnost vidět UV světlo, orientace, vzory rostlin, „nektarový marker“, lesk peří, značkování pomocí moči a výkalů – absorpce UV světla

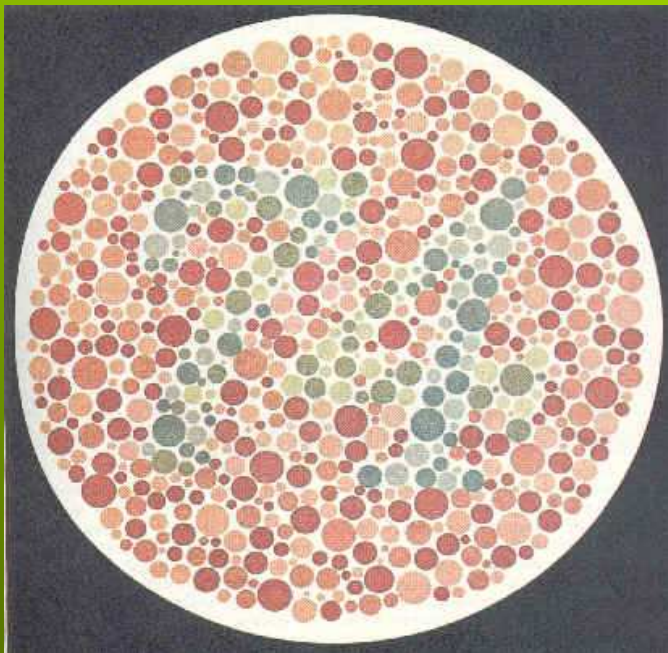
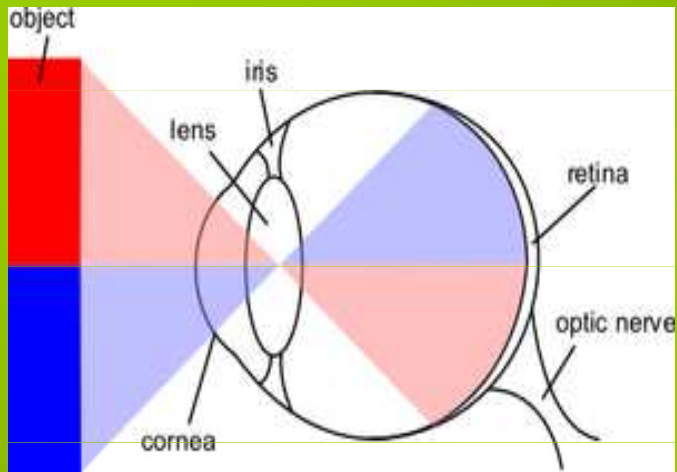
**Adaptace na tmou** – šelmy, noční živočichové, žralok, kráva, kůň mají za sítnicí vrstvu buněk (nebo vláken) schopných odrážet světlo – *tapetum lucidum* → vidění za šera, světelné paprsky, které projdou sítnicí, se odrazí a procházejí sítnicí nazpět, mohou podráždit fotoreceptory 2x, „svítící oči“

**U ptáků a plazů** jsou v sítnici olejové kapénky, mění vlnové délky světla dopadajícího na čípky, ovlivňují barevné vidění

# Zpracování zrakové informace



**komorové oko obratlovců** – nejlépe vyvinutý světlolomný systém (soustředování světelných paprsků na vlastní světločivnou skvrnu – sítnici), obraz na sítnici je převrácený, zmenšený a skutečný, čočka – součást světlolomného systému, má schopnost zaostřování (akomodace), akomodace posuvem v ose oka (paryby, kostnaté ryby, hadi), akomodace změnou zakřivení čočky (plazi, ptáci, savci)



- podráždění světločivných buněk je odváděno z oka do mozku → zraková dráha

- zraková dráha je tvořena nervovými buňkami a jejich vlákny

- podle uspořádání těchto buněk dělíme zrakovou dráhu na tři části, primární zraková dráha - tvořena bipolárními nervovými buňkami uloženými v sítnici, tyto buňky jsou spojeny pomocí dendritů se světločivnými buňkami, ty jsou pak dále pomocí tzv. neuritů spojeny s nervovými buňkami multipolárními, které tvoří sekundární zrakovou dráhu, jádra multipolárních buněk leží rovněž v sítnici, ale neurity těchto buněk opouští oko jako zrakový nerv, chiasma, terciální zraková dráha je tvořena buňkami, jejichž neurity končí v buňkách korového zrakového centra, to se nachází v týlním laloku. Zde dochází ke vzniku zrakového vjemu

- vady oka: krátkozrakost

dalekozrakost

astigmatismu

barvoslepost

šedý zákal

zelený zákal

# Sliznatky

- velké dobře patrné oči (i když u nich chybí čočka a okohybné svaly)
- ukryté pod neprůhlednými víčky na obou stranách hlavy
- zrak u většiny sliznatek zakrnělý
- zvláště velké a zřejmě zcela funkční oči s dobře vyvinutou sítnicí má rod *Eptatretus*



# Mihule

- oči mají funkční, překryté kůží, nebo zcela zakrnělé
- na povrch temene hlavy naléhá mezimozek, kde se vytváří temenní oko



Mihule mořská (*Petromyzon marinus*)



# Paryby

- nemají oční víčka, oko je nehybné
- oči velké, velmi citlivé na intenzitu světla, malá schopnost zaostření
- *tapetum lucidum*
- Lorenziniho ampule – elektrické pole



Rejnoci (*Batoidea*)



Žraloci (*Selachimorpha*)



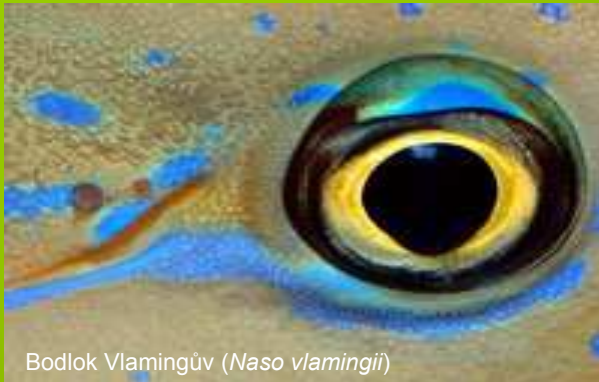
# Ryby

-jeskynním rybám oči zakrněly

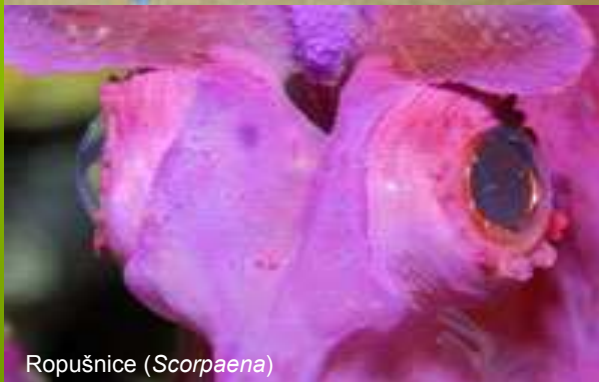
-oko nemá víčka, ani slzné žlázy, uzpůsobeno k vidění na blízko, zorný úhel při výhledu z vody 98°

-ryby rozeznávají tvar, velikost i barvu předmětů, vidí i za tmy

-stavba podobná ostatním obratlovcům, rozdíl ve tvaru čočky – kulovitá, zaostřování změnou vzdálenosti od sítnice, ne akomodací



Bodlok Vlamingův (*Naso vlamingii*)



Ropušnice (*Scorpaena*)



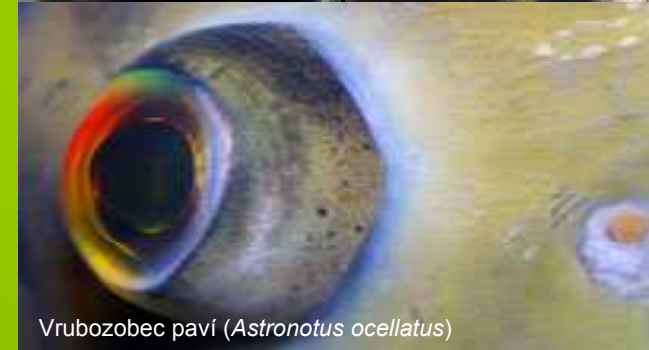
Kanic modroskvrný (*Cephalopholis miniatus*)



Zploštělec dlouhohlavý (*Papilloculiceps loniceps*)



Čtverzubec mappa (*Arothron mappa*)



Vrubozobec paví (*Astronotus ocellatus*)

# Obojživelníci

- obojživelníci mají dobře vyvinuté oči, bylo experimentálně prokázáno barevné vidění
- sítnice je, na rozdíl od vyšších obratlovců, schopná regenerace.
- zaostřování se děje posunem čočky, jako u ryb, čočka sama při akomodaci nemění tvar
- dospělí obojživelníci mají tři dobře vyvinutá oční víčka (horní, dolní, mžurka), žáby mají i temenní oko, které je schopné vnímat vlnovou délku i intenzitu světla.



Mlok skvrnitý (*Salamandra salamandra*)



Rosnička zelená (*Hyla arborea*)

# Plazi



Krokodýl nilský (*Crocodyus niloticus*)



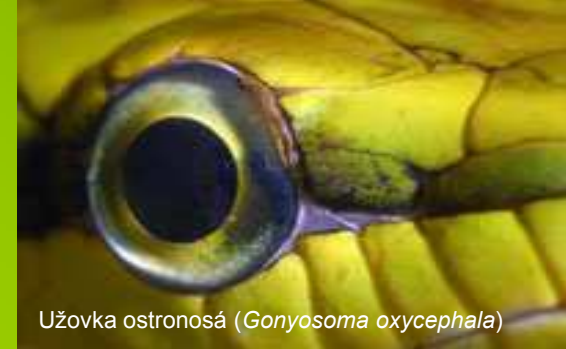
Chameleon Mellerův (*Chamaeleo melleri*)

**Krokodýl** – oči na svrchní straně hlavy, sledování okolí, když je tělo ponořeno

**Chameleon** – oční víčka srostlá, jemně šupinatá, každé oko se může pohybovat samostatně, vidění v rozsahu 360°, vertikálně může otáčet očima o 90°, horizontálně o 180°



Chameleon Jemenský (*Chamaeleo calyptratus*)



Užovka ostronosá (*Gonyosoma oxycephala*)

- zrak dokonalý, hlavně u ještěrek a želv
- víčka pohyblivá (u hadů srostlá, průhledná)
- barevné vidění (noční predátoři vidění černobílé)
- parietální oko (u Hatérie, v dospělosti překryto tenkou blankou s matnými šupinkami)
- akomodace řasnatým tělesem (mění se zakřivení čočky)
- otáčení očí pomocí svalů
- orientace: termoreceptory, Jacobsonův orgán



# Plazi

## Hadi

- zakrnělé oči podzemních druhů připomínají spíš tečky, rozeznání světlo/tma
- typy zorniček: kruhová: malá – skrytě žijící noční lovci  
velká – denní, dobrý zrak

vertikální: noční druhy

horizontální: stromoví hadi (díky tvaru zorniček, velikosti a umístění oka mají tyto hadi velmi dobré prostorové vidění, binokulární vidění umožňuje velmi přesný odhad vzdálenosti)



- tyčinky a čípky → barevné vidění, v čočce žlutý filtr absorbující UV světlo, chrání oko
- schopnost vnímat infračervené světlo

## Ještěři a želvy

- v sítnici barevné olejové kapénky a jejich fotoreceptory

# Ptáci



Tukan obrovský (*Ramphastos toco*)

Ptačí oko –  
nejdokonalejší



Ara ararauna (*Ara ararauna*)

sítnice –3x více světločivných buněk, než u člověka →schopnost oka vidět malé předměty na dálku, kapénky barevných olejů (karotenoidy) → barevné filtry, pronikavější vidění v mlze

žluté skvrny – dvě nebo tři, *fovea centralis* v optické ose oka, uplatňuje se při monokulárním vidění, *fovea temporalis* při vnější straně oka, napomáhá při binokulárním vidění

barevné vidění dokonalejší než člověk, vnímání barev v ultrafialovém oboru

akomodace se děje prostřednictvím tlaku zaostřovacího svalu na sklerotikální prsteneček a současně tlakem duhovky na čočku, ta je vtlačována do přední komory a deformována

hřeben (pecten) – prokrvený výrůstek cévnatky, výživa oka, regulace tlaku uvnitř oka, ostrost vidění, zabraňuje oslnění

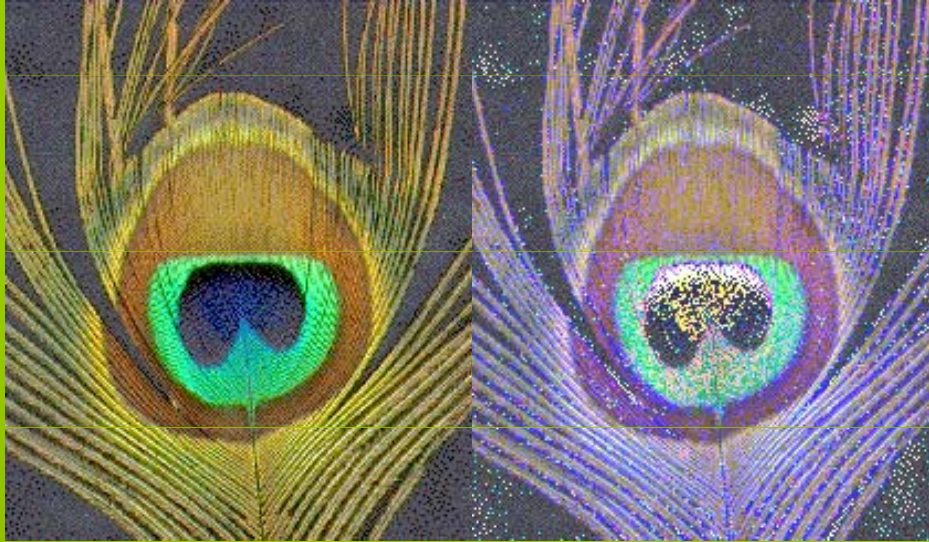
čočky – mimořádně měkké, umožňují rychle zaostřit

tetra-, pentachromatické vidění

tři oční víčka

# Ptáci

- u studovaných druhů ptáků zjištěny 4 typy čípků → čtyř dimenzionální barevný obraz



- **Sovy** – k vidění stačí dvě miliontiny luxu, ve dne vidí stejně dobře, vidění je černobílé
- **Dravci** – vidí barevně na dálku (2 – 3km), dokonalé oko k vnímání pohybu (150 snímků/sec, člověk 20 snímků/sec)
- umístění oka různé u různých druhů: laterální – periferní vidění  
frontální
- Tvar oka: ploché – denní (papoušci, holubi)  
kulovité – druhy s širší hlavou (pěnkavy, kanárci)  
tubulární – noční (sovy)



# Savci



Levhart (*Panthera pardus*)



Kočka domácí (*Felis silvestris*)

## kočkovité šelmy

- se spoléhají hlavně na zrak a sluch
- oči vybaveny mechanikou svalů, které řídí zřítelnice (zúžení do vertikální škvíry, chrání sítnici před denním světlem)
- velké kočkovité šelmy nemají tento mechanismus tak důkladně vyvinutý (pohybují se jak ve dne, tak v noci, zřítelnice oválné)
- *tapetum lucidum*
- reflektivní zóna se skládá až z patnácti vrstev buněk, pojme 130krát víc světla než lidský zrak
- rhodopsin (vitamin A a betakaroten)



Kočka domácí (*Felis silvestris*)

# Savci

## Kytovci

- zrak hraje u kytovců vedlejší roli
- kytovci vidí stejně dobře pod vodou i nad vodou
- mají na rozdíl od člověka měkké a velmi pružné čočky, které se mohou přizpůsobit různým podmínkám okolního prostředí
- kytovci s ostrým 'zobákem' (například delfíni) mají dobré binokulární vidění
- druhy s tupou hlavou (například vorvaňovití) vidí na obě strany, ale nikdy přímo před nebo za sebe
- oči pokrývají mazlavé slzy, které je chrání před solí
- mají dobrý zrak a to jak nad tak i pod hladinou



**zajíc** - oči posazeny po stranách hlavy, široký rozhled na všechny strany. úhel rozhledu téměř 360°

- ze všech savců má největší rozsah vidění **žirafa**, tvora velikosti člověka zaznamenaná na vzdálenost 2km
- zrak **zeber** je velice ostrý, vidí v odstínech šedi, možná s nádechem barev
- **pes** – barvoslepý, ne úplně (červená, žlutá)
- **kůň** – nemá čípky citlivé na zelenou barvu
- **ježek** - vnímá především žluté světlo, ostatní barvy nerozeznatelné

## Psí vidění



na rozdíl od člověka vidí výborně za šera, nad sítnicí odrazovou vrstvou, která násobí množství světla pronikajícího zornicí oka

psi mají v očních tyčinkách mnohem více rodopsinu

pes také pravděpodobně vnímá infračervenou část spektra a lépe proto rozezná kořist za soumraku. Tvary a detaily rozlišují lidé lépe, ovšem pes zase rozpozná na větší vzdálenost (až jeden kilometr) pohyb, psi umějí analyzovat jednotlivé fáze vnímaného pohybu

díky postrannímu postavení očí mají také podstatně větší zorné pole. Plemena se zkráceným hřbetem nosu (krátkolebá) mají binokulární vidění, jejich oči směřují dopředu, dovedou výborně odhadovat vzdálenost

ostatní plemena s dlouhým hřbetem nosu (dlouholebá) mají díky umístění očí po straně velmi široké zorné pole, jejich prostorové vidění je omezené.

Děkuji za pozornost!