

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně  
a že všechny zdroje literatury jsou v ní uvedeny.

Petra Franková

Děkuji MUDr. Monice Synkové za odborné vedení mé práce, čas a připomínky, Ing. Jindřichovi Němcovi za ochotu a poskytnutí obr. č. 12 a MUDr. Pavle Beránkové za čas a zapůjčení literatury.

## **Abstrakt**

Cílem této práce je vyložit význam zornice v procesu vidění a její vztah s neuroloofthalmologickými onemocněními. Text je rozdělen na dvě části. První část popisuje zornici jako součást oka a ukazuje principy, jimiž mění svoji velikost. Vysvětluje fyziologické reakce zornice na světlo, pohled do blízka či psychické podněty. Druhá část se zabývá možnými poruchami zornic, jejich příčinami, vyšetřením a léčbou. Popisuje vývojové vady i vady plynoucí z poruchy nervové pupilomotorické dráhy včetně Hornerova syndromu, Adieho zornice nebo Argyll-Robertsonovy zornice. Dále práce nastiňuje, jak je zornice ovlivněna farmaky a význam tohoto vlivu pro terapii v oftalmologii.

## **Abstract**

The goal of this task is to interpret the sense of a pupil in the process of vision and its relation with neuroophthalmological diseases. The script is divided into two parts. The first part describes the pupil as a section of the eye and shows the principles which change its size. It explains the physiological pupil reactions to the light, the sight to the near distance or psychical fuels. The second part deals with possible disorders of pupils, their causes, investigation and cure. It describes the genetic defect and the defects which are results of disturbance nerve pupil-motoric track including Horner's syndrom, Adie's pupil or Argyll-Robertson's pupil. The task also outlines how drugs influences the pupil and the importance of this effect for the therapy in ophthalmology.

## **Klíčová slova**

Zornice

Svěrač zornice

Rozvěrač zornice

Mióza

Mydriáza

Parasympatikus

Sympatikus

## **Key words**

Pupil

Constrictor of pupil

Dilator of pupil

Miosis

Mydriasis

Parasympathetic

Sympathetic

## OBSAH

1.	Úvod .....	str. 7
2.	Zornice .....	str. 7
	2.1. Anatomie .....	str. 7
	2.2. Funkce .....	str. 8
	2.3. Svaly duhovky ovlivňující šířku zornice .....	str. 9
	2.4. Inervace svalů duhovky .....	str. 11
	2.4.1. Parasympatikus .....	str. 11
	2.4.2. Sympatikus .....	str. 12
3.	Fyziologie zornice .....	str. 12
	3.1. Obecná fyziologie, nervová soustava .....	str. 12
	3.2. Reakce zornice na světlo a tmu .....	str. 15
	3.2.1. Parasympatická aferentní dráha .....	str. 15
	3.2.2. Parasympatická eferentní dráha .....	str. 16
	3.2.3. Sympatická eferentní dráha .....	str. 17
	3.3. Reakce zornice na konvergenci .....	str. 19
	3.4. Reakce zornice na psychosenzorické a senzitivní podněty .....	str. 20
	3.5. Fyziologie zornice v souvislosti s věkem a stavem .....	str. 20
	3.6. Speciální reflexy zornice .....	str. 21
	3.6.1. Piltzův-Westphalův fenomén .....	str. 21
	3.6.2. Okulopupilární reflex .....	str. 21
	3.6.3. Tourneyova reakce .....	str. 22
	3.7. Mydriáza a dynamická zraková ostrost .....	str. 22
4.	Vyšetření zornice .....	str. 22
5.	Patologie zornice .....	str. 24
	5.1. Patologie statiky zornice .....	str. 24
	5.1.1. Kolobom duhovky .....	str. 24
	5.1.2. Polykorie .....	str. 25
	5.1.3. Perzistence pupilární membrány .....	str. 25
	5.1.4. Iridorhexis .....	str. 25
	5.1.5. Ectopia pupillae .....	str. 26
	5.1.6. Dyskorie .....	str. 26
	5.1.7. Ovalizace zornice .....	str. 27
	5.1.8. Hippus iridis .....	str. 27
	5.1.9. Skákající zornice .....	str. 27
	5.1.10. Anizokorie .....	str. 27
	5.1.11. Spastická mydriáza .....	str. 29
	5.1.12. Paralytická mydriáza .....	str. 29
	5.1.13. Spastická mióza .....	str. 30
	5.1.14. Paralytická mióza .....	str. 30
	a) Hornerův syndrom .....	str. 31
	5.2. Patologie dynamiky zornice .....	str. 33
	5.2.1. Amaurotická ztuhlost zornice .....	str. 33
	5.2.2. Amblyopická ztuhlost zornice .....	str. 33
	5.2.3. Hemianopická ztuhlost zornice .....	str. 34
	5.2.4. Reflektorická ztuhlost zornice .....	str. 34
	a) Reflektorická ztuhlost zornice v širším smyslu .....	str. 34
	b) Argyll-Robertsonova zornice .....	str. 34

5.2.5.	Pupilotonie .....	str. 35
	a) Adieho syndrom .....	str. 35
5.2.6.	Paradoxní reakce zornic .....	str. 36
5.2.7.	Absolutní ztuhlost zornic .....	str. 36
5.3.	Přehled patologie zornice dle místa poškození .....	str. 36
6.	Farmakologie zornice .....	str. 37
6.1.	Farmaka rozšiřující zornici .....	str. 37
	6.1.1. Sympatomimetika .....	str. 37
	6.1.2. Parasympatolytika .....	str. 38
6.2.	Farmaka zužující zornici .....	str. 38
	6.2.1. Parasympatomimetika .....	str. 38
	6.2.2. Sympatolytika .....	str. 38
6.3.	Působení drog na zornici .....	str. 39
7.	Onemocnění ovlivňující zornici.....	str. 39
8.	Závěr .....	str. 43
9.	Použitá literatura .....	str. 45

## **1. Úvod**

Náplní práce optometristy je zejména vyšetření refrakce pacientů a určení správné korekce zraku. Aby brýlová korekce plnila dobře svoji funkci, musí oční optik umístit optický střed brýlové čočky v brýlové obrubě tak, aby kryl střed zornice pacienta. Tak se může světlo procházející optickým středem čočky dostat do oka po optické ose a dopadat na sítnici. Proto je pro optometristy a optiky důležité znát vzdálenost zorniček od sebe.

Zornice nejsou ale jen „díry“, které umožňují chod paprsků dovnitř oka, jsou jednotkou s řadou funkcí. Pokud zornice nefungují správně, může to ukazovat na závažnou poruchu nervového systému. Optometrista tak může při vyšetření zraku odhalit možné zdravotní problémy pacienta a odeslat ho na příslušné vyšetření k neurologovi. Proto jsem se rozhodla napsat tuto práci.

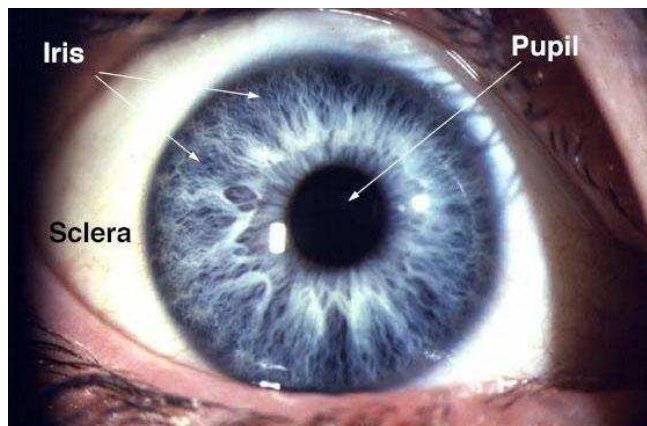
Tato bakalářská práce má za cíl vysvětlit, jak zornice fungují, popsat jejich možné poruchy a uvést možné příčiny těchto poruch. Problematika zornice spadá do hraničního lékařského oboru, neurooftalmologie. Já budu klást důraz na oftalmologickou stránku věci. Chci zde však zdůraznit, že spolupráce mezi neurologem a oftalmologem je velmi důležitá.

## **2. Zornice**

### **2.1. Anatomie**

Zornice, latinsky pupilla, je kruhový otvor v duhovce. Duhovka tvoří spolu s řasnatým tělískem a cévnatkou střední vrstvu oka, která se nazývá živnatka. Její funkcí je výživa očního bulbu. Duhovka utváří jakousi přepážku mezi přední a zadní oční komorou. Zornice obě komory spojuje. Nachází se mírně nazálně a směrem dolu od pomyslného středu

duhovky v přední části oka (Obr. č. 1). Její šířka je proměnlivá, nabývá hodnot od 2 mm do 8 mm /1/. Stav, kdy je zornice zúžena se nazývá *mióza*, naopak stav, kdy je zornice rozšířena se jmenuje *mydriáza*.



Obr. č. 1: Umístění pupilly v lidském oku

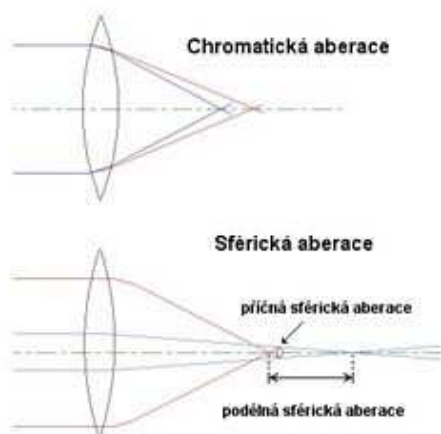
## 2.2. Funkce

Hlavní funkcí zornice je regulace množství dopadajícího světla na sítnici. Po průchodu paprsku světla skrz optická prostředí rohovky a komorové vody zornice propouští kvantum světla pro optimální zobrazení. Pokud je intenzita světla příliš velká, brání zornice miózou oslnění. Naopak, pokud do oka dopadá malé množství světla, zornice zvětší svůj průměr tak, aby na sítnici dopadlo co nejvíce světla.

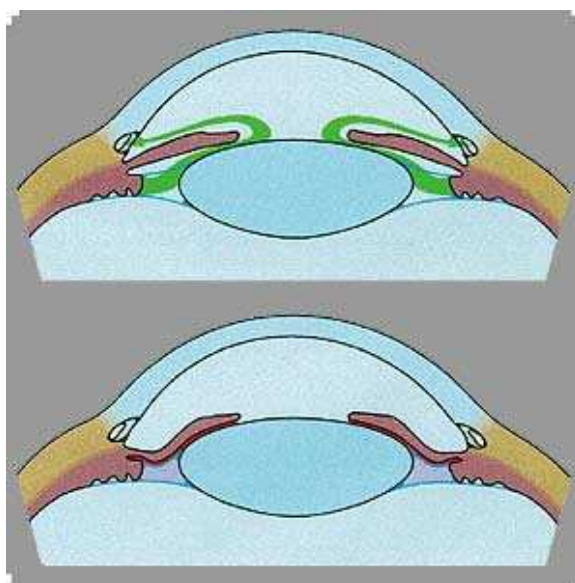
Velikost zornice má vliv na hloubku ostrosti. Zúžení zornice ji zvyšuje, protože nepropouští paprsky dopadající pod velkým úhlem. Zamezení průchodu periferních paprsků také odstraňuje sférickou a chromatickou vadu optického systému oka (Obr. č. 2). A do třetice, mióza usnadňuje odtok komorové vody z přední komory do trámčiny a Schlemmova kanálu (Obr. č. 3). Tohoto faktu se využívá v léčbě zeleného zákalu.

Průměr zornice lze ovlivnit nejen světlem, ale i konvergencí a akomodací při pohledu na blízkou vzdálenost, bolestivým podnětem na kůži, emocemi nebo chemicky některými farmaky.





Obr. č. 2: Znáznornění chodu světelného paprsku čočkou při rozšířené zornici



Obr. č. 3: Znáznornění toku komorové tekutiny zdravým okem (nahore), nemožnost odtoku komorové tekutiny z oka v důsledku nalepení duhovky na čočku (dole)

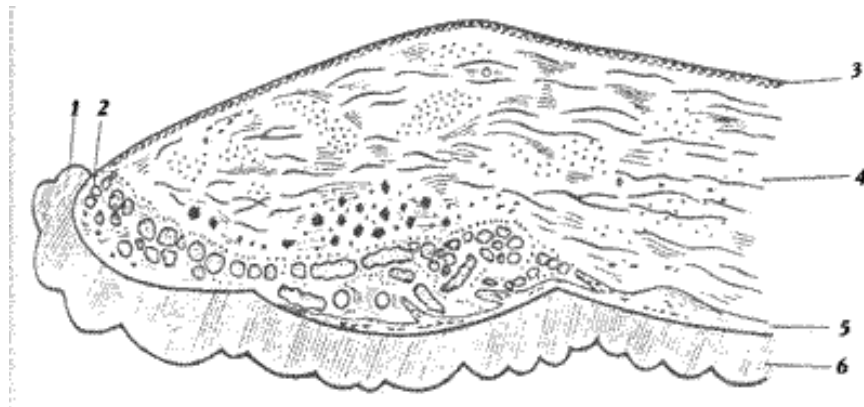
### 2.3. Svaly duhovky ovlivňující šířku zornice

To, že zornice může měnit svůj průměr, je zajištěno dvěma hladkými svaly duhovky. Jsou to *svěrač zorničky* - musculus sphincter pupillae a *rozvěrač zorničky* – musculus dilatator pupillae. Nacházejí se v duhovkovém stromatu.

Svěrač zorničky je tvořen kruhově uspořádanými svalovými vlákny o šířce 1mm a nachází se blíže k zornicovému okraji. Probíhají jím cévy

a pojivo. U světle zbarvených duhovek je m. sfíncer pupillae viditelný pouhým okem jako hnědavý lem. Radiálně probíhající rozvěrač zorničky se rozkládá při kořenové části duhovky, končí 2 mm od zornicového okraje. Leží hlouběji ve stromatu než svěrač, částečně zasahuje do sousedního řasnatého tělíska a trámčiny v úhlu a jeho vlákna se částečně překrývají. M. dilatator pupillae je tzv. myoepiteliální sval. Část s jadernými buňkami je přiložena k části se svalovými fibrilami, které jsou blíž duhovkovému kořeni /1/.

Oba svaly duhovky jsou ektodermálního původu, vznikají z předního listu očního pohárku. Na přelomu šestého a sedmého měsíce nitroděložního vývoje, kdy už je svěrač zornice vyvinut, se začíná vyvíjet i dilatátor. Zatímco svěrač se od neuroepitelu odděluje, rozvěrač je pevně spojen s předním listem pigmentového epitelu duhovky /2/. Tento epitel je tvořen cylindrickými buňkami, jež obsahují pigment melanin a brání průchodu paprsků dovnitř oka.



Obr. č. 4: Průřez duhovkou

- 1 – přední pigmentový epitel
- 2 - svěrač zorničky
- 3 - přední hraniční vrstva
- 4 - stroma
- 5 - rozvěrač zorničky
- 6 - pigmentový list

## 2.4. Inervace svalů duhovky

Svaly ovlivňující stahování či rozšiřování zornice jsou inervovány autonomním (vegetativním) nervovým systémem. Tento systém je velmi starý, převádí vzruchy mezi centrální nervovou soustavou a hladkou svalovou tkání a jeho smyslem je zajištění přežití organismu. Obecně, sympatická inervace převládá při zátěžových reakcích organismu, kdy je nutný výdej energie a rychlá odpověď, zatímco parasympatická inervace převažuje, pokud je organismus v klidu, zprostředkovává ukládání energie. Celkovými projevy aktivity parasympatiku na organismu jsou zpomalení srdeční činnosti, zúžení průdušek, či zvýšená peristaltika trávicího traktu. Zapojení sympatiku se na organismu projevuje zvýšenou srdeční frekvencí, zvýšeným krevním tlakem, rozšířením průdušek, zvýšeným metabolismem v játrech či větším prokrvením kosterní svaloviny.

Stah m. sfincter pupillae je umožněn *parasympatikem*, m. dilatator pupillae aktivuje krční *sympatikus*. Oba svaly tedy jednak působí antagonisticky, jednak mají antagonistickou inervaci. Při aktivitě parasympatiku akomodují oči do blízka, naopak při aktivitě sympatiku oči akomodují do dálky. Je to důsledek propojení nervových drah svalů duhovky ovlivňujících stah zorničky a svalu řasnatého tělíska (ciliárního svalu) ovlivňujícího stah závěsného aparátu čočky.

### 2.4.1. Parasympatikus

Jako mediátor pro parasympatická nervová vlákna působí acetylcholin, konečné receptory, na které se váže se nazývají receptory muscarinové. Jakmile dojde k uvolnění acetylcholinu, vznikají akční potenciály. Působení acetylcholinu ukončuje hydrolýza za působení enzymu cholinesterázy přímo v tkáni. Acetylcholinesteráza je obsažena nejen ve svěrači zorničky, ale i v ciliárním svalu, rohovkovém epitelu, sítnici a cévnatce.

Inervace svěrače zorničky probíhá cestou 3. párového hlavového nervu - *n. oculomotorii*. Parasympatická vlákna přivádějící nervové vzruchy ke svěrači mají centrum v párovém *Edinger-Westphalově jádře*, které je uloženo ve středním mozku vpředu a nahoře od hlavního jádra

n. oculomotorii. Přední část jádra je centrem pro fotoreakci, zadní část řídí akomodaci. Nervová vlákna jako nn. ciliares breves inervují nejen svěrač zornice ale i ciliární sval, jehož funkcí je právě akomodace.

### 2.4.2. Sympatikus

Pro sympatická nervová vlákna působí jako mediátor noradrenalin. Receptory zapojené do sympatického systému se proto nazývají adrenergní receptory. V rozvěrači zornice se vyskytují  $\alpha$ -1 a  $\alpha$ -2 receptory. Aktivace  $\alpha$ -1 receptorů způsobuje aktivní kontrakci rozvěrače, podráždění  $\alpha$ -2 receptorů inhibuje presynaptická zakončení, čímž zabraňují vstřebání noradrenalinu /3/. Dochází tak k nepřímé aktivaci m. dilatator pupillae. Přebytečný noradrenalin se tedy z části vrací do presynaptických zakončení, část je v tkáni odbourána enzymem katechol-o-metyltransferázou.

Inervace rozvěrače zorničky probíhá krčním sympatikem. Centrum pro dilataci přijímá signály z hypothalamu a leží v *Budgeho centru* na rozhraní krční a hrudní míchy (míšni segment C8-Th3). Kromě rozvěrače zorničky inervují sympatická vlákna také cévy.

Podrobněji popíše průběhy jednotlivých drah autonomního nervového systému v kapitole č. 3.

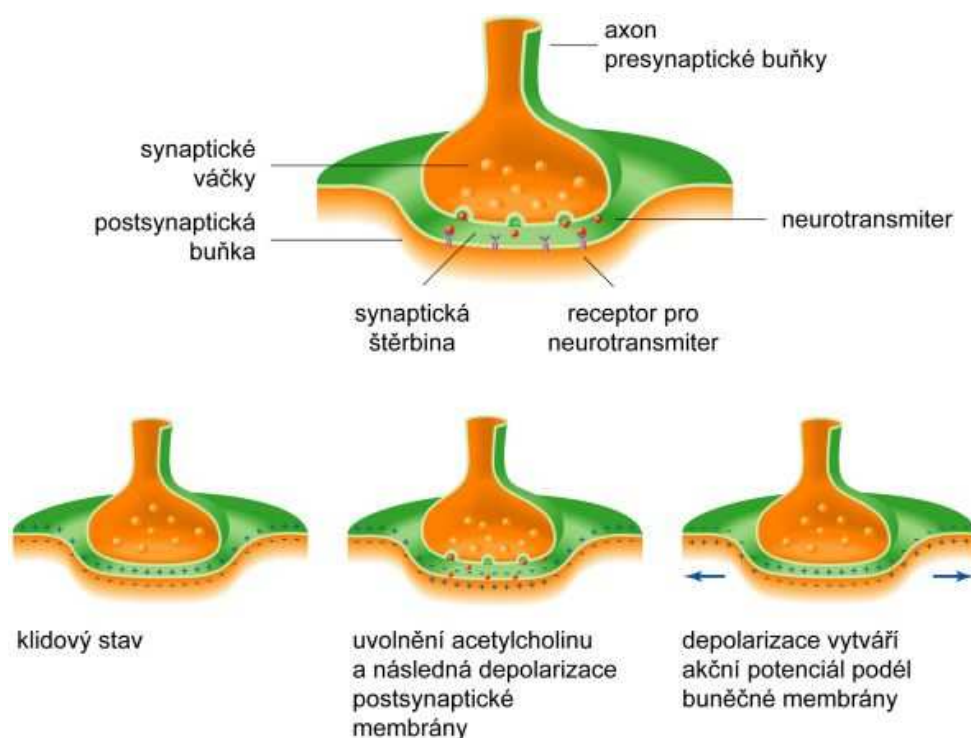
## 3. Fyziologie zornice

V této kapitole se budu zabývat průběhem fyziologických („zdravých“) reakcí zornice na světlo, konvergenci a psychické podněty. Také uvedu změnu reakcí zornic vzhledem k věku a některým specifickým stavům člověka. Nejprve je však vhodné připomenout obecné principy fyziologie nervové soustavy.

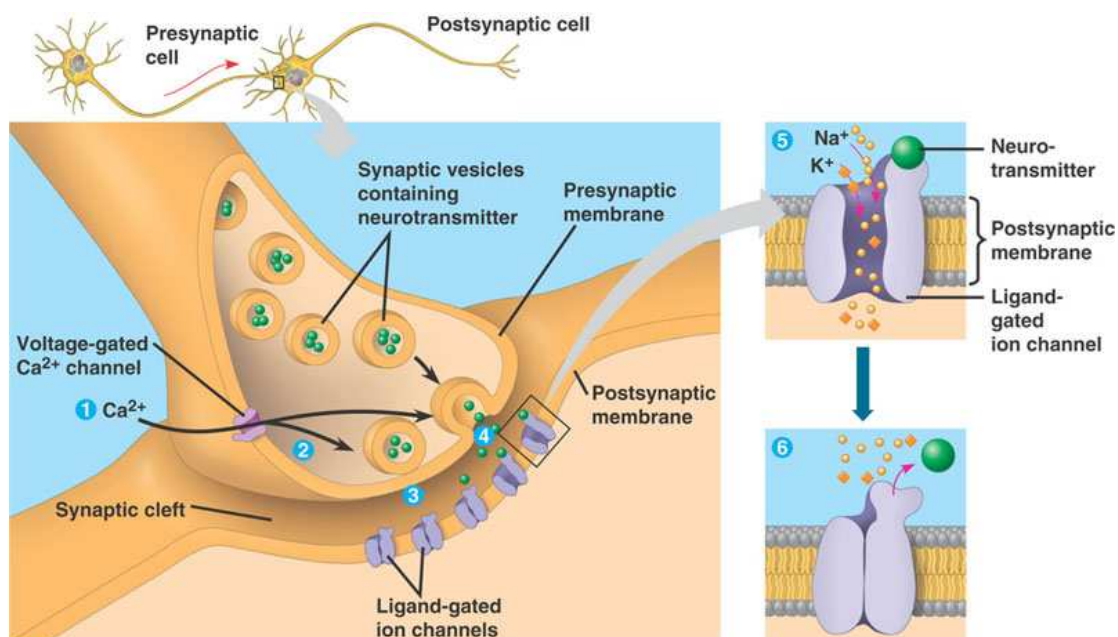
### 3.1. Obecná fyziologie, nervová soustava

Nervová soustava funguje na principu přenosu vzruchů pomocí nervových buněk (neuronů). Principem je převod elektrické energie na energii chemickou. Místo přenosu impulsu se nazývá synapse (Obr.

č. 5), je tvořeno axonem jedné buňky a tělem nebo výběžky druhé buňky. Hlavní děj se odehrává na synaptické štěrbině a je ovlivněn hladinou iontů na obou stranách buněčné membrány. V klidovém stavu je rozložení iontů nerovnoměrné, membrána propouští ven kationty draslíku ve větším množství než kationty sodíku dovnitř. To vede k polarizaci membrány, uvnitř je záporný náboj, vně kladný náboj. Tomuto stavu říkáme *klidový potenciál*. Při podráždění buňky se mění propustnost iontových kanálů. Membrána propouští dovnitř sodíkové kationty, hovoříme o depolarizaci membrány a vzniku tzv. *akčního potenciálu*. Axon presynaptické buňky obsahuje váčky s mediátorem, neboli neurotransmiterem. To je látka, která funguje jako chemický přenašeč vzruchu. Jakmile dojde k podráždění, uvolní se mediátor do synaptické štěrbině, podráždí postsynaptickou membránu, čímž ji depolarizuje. Tímto je umožněno vedení vzruchu (Obr. č. 6).



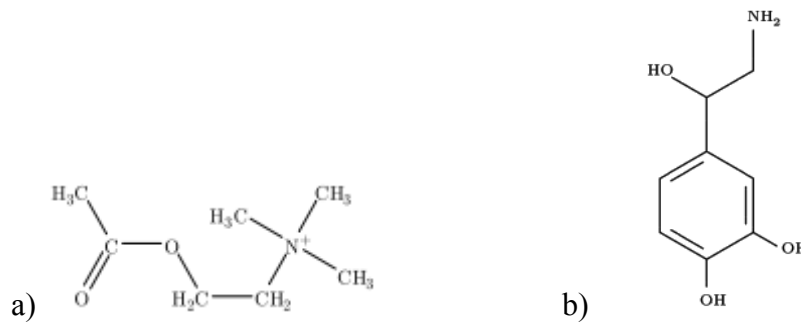
Obr. č. 5: Synapse



Obr. č. 6: Znáornění přenosu vzruchu mezi neurony

Neurotransmitery dělíme na excitační a inhibiční. Excitační neurotransmitery umožňují šíření nervového vzruchu depolarizací postsynaptické membrány. Patří mezi ně např. acetylcholin a noradrenalin. Inhibiční neurotransmitery způsobují hyperpolarizaci postsynaptické membrány, čímž brání přenosu vzruchu. Takovými látkami jsou např. kyselina  $\gamma$ -aminomáselná. Pro zopakování uvedu, že excitačním neurotransmiterem parasympatiku je acetylcholin, inhibítoem cholinesteráza. Vedení vzruchu sympatiku umožňuje noradrenalin, naopak blokaci vzruchu způsobuje katechol-o-metyltransferáza (Obr. č. 7).

Nervová činnost probíhá v reflexních drahách. Dráha sestává z receptoru, aferentní nervové dráhy, centra, eferentní nervové dráhy a efektoru. Receptor je smyslový orgán, který zachycuje počitek. Vzniklý signál je odtud veden dostředivě (aferentně) do mozku, aby se po vyhodnocení vydal sestupně (eferentně) k výkonné jednotce např. svalů.



Obr. č. 7: Chemické vzorce: a) acetylcholin b) noradrenalin

### 3.2. Reakce zornice na světlo a tmu

Pokud na fotoreceptory sítnice dopadá větší množství světla, aktivuje se parasymptikus, jehož vlákna vedou odtud impuls do mozku (aférentní dráha) a po vyhodnocení signálu následně sestupují do orbity, aby aktivovaly m. sfínter pupillae (eferentní dráha). Tuto reakci nazýváme *fotoreakce* (Obr. č. 9). Naopak, v případě, že na tyčinky a čípky dopadá malé množství světla dochází k aktivaci sympatiku a rozšíření zornice duhovkovým svalem m. dilatator pupillae.

#### 3.2.1. Parasymptická aférentní dráha

Reakce na světlo začíná analýzou množství světla tyčinkami a čípky v *sítnici*. Z tohoto hlediska největší aktivitu vykazuje oblast žluté skvrny a nazální část sítnice. První úsek dráhy jde společně se zrakovou drahou n. opticii (2.hlavového nervu). Celých 20% zrakových nervových vláken představují vlákna dostředivé dráhy zornicové fotoreakce. Konkrétně se jedná o axony malých buněk, tzv. *W-cells* [3/].

Dráha prochází *chiasmatem*, kde se stejně jako senzoričká vlákna částečně kříží (= semidekusace). Kříží se vlákna přicházející z nazální části sítnice, vlákna z temporální části se nekříží. Dále *optickým traktem* jdou vždy vlákna ze stejné poloviny sítnice obou očí, pravým traktem vlákna z temporální části sítnice pravého oka a nazální části sítnice levého oka čili vlákna z pravých polovin sítnice. Toto je z hlediska neurooftalmologické diagnostiky velmi důležité si zapamatovat.

Před corpus geniculatum laterale se nervová vlákna vyhnou synapsi, opouštějí zrakovou dráhu a míří mediálně přes brachium colliculi

superioris do *area preteectalis* na rozhraní mezimozku a středního mozku. Pretektální jádra jsou spojena neurony mezi sebou i se stejnostranným a druhostranným *Edinger-Westphalovým jádrem*. Dráha tedy odtud pokračuje ve dvou větvích k E.-W. jádru - jedna větev jde přímo ke stejnostrannému jádru, druhá cestou zadní komisury ke kontralaterálnímu jádru.

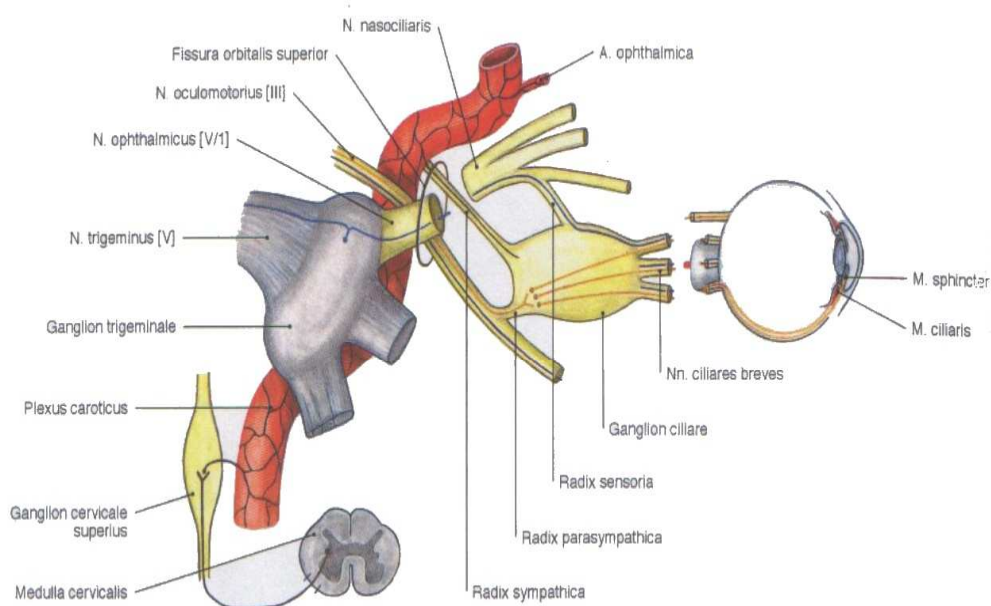
Fakt, že se aferentní parasympatická dráha kříží dvakrát má za následek to, že při osvětlení jedné poloviny oka zdravého člověka se zúží zorničky obou očí. Hovoříme o tzv. konsenzuálním reflexu druhého (neosvětleného) oka /4/.

### 3.2.2. Parasympatická eferentní dráha

Sestupná část reakce na světlo je dvouneuronová, částečně jde cestou n. oculomotorius (3. hlavový nerv) a je společná pro svěrač zornice a ciliární sval. První neuron spojuje *E.-W. jádro* s *ciliárním gangliem*, čili jednodušeji, je to spoj mezi středním mozkiem a očními. Druhý neuron spojuje očníci a svěrač zorničky. Pupilomotorická vlákna se nacházejí v dorsomediální části n. oculomotoriu, což je důvod pro jejich větší zranitelnost lézemi.

Reflexní nervová vlákna pro fotoreakci se po výstupu z E.-W. jádra setkávají s motorickými vlákny 3. n., procházejí červeným jádrem, kortikospinálním traktem a mozkový kmen opouštějí jako *kmen oculomotorii* ve *fossa interpeduncularis*. Tvrdou plenou mozkovou vystupují poblíž *processus clinoideus posterior*. Dále pokračují po lebeční bázi k *sinu kavernosu*. Procházejí jeho zevní stěnou a do očnice vstupují skrz *fissura orbitalis superior* (= horní očníková štěrbinu) přes Zinnův prstenec. Cestou *radix brevis* (dolní větev n. oculomotorii) dosahují parasympatická vlákna ciliární ganglion v hrotu očnice, kde se interpolují (přepojují). Odtud jako *nn. ciliares breves* pronikají skrz sklěru a choroidálním prostorem jdou ke svěrači zorničky. K receptorům m. sfincter pupillae se však dostanou jen 3% nervových vláken. 97% vláken totiž pokračuje k ciliárnímu svalu. Z toho plyne, že poškození ciliárního ganglia se projeví více v zornicových reakcích /4/.





Pregangliové neurony jsou  
v nucleus accessorius nervi oculomotorii.

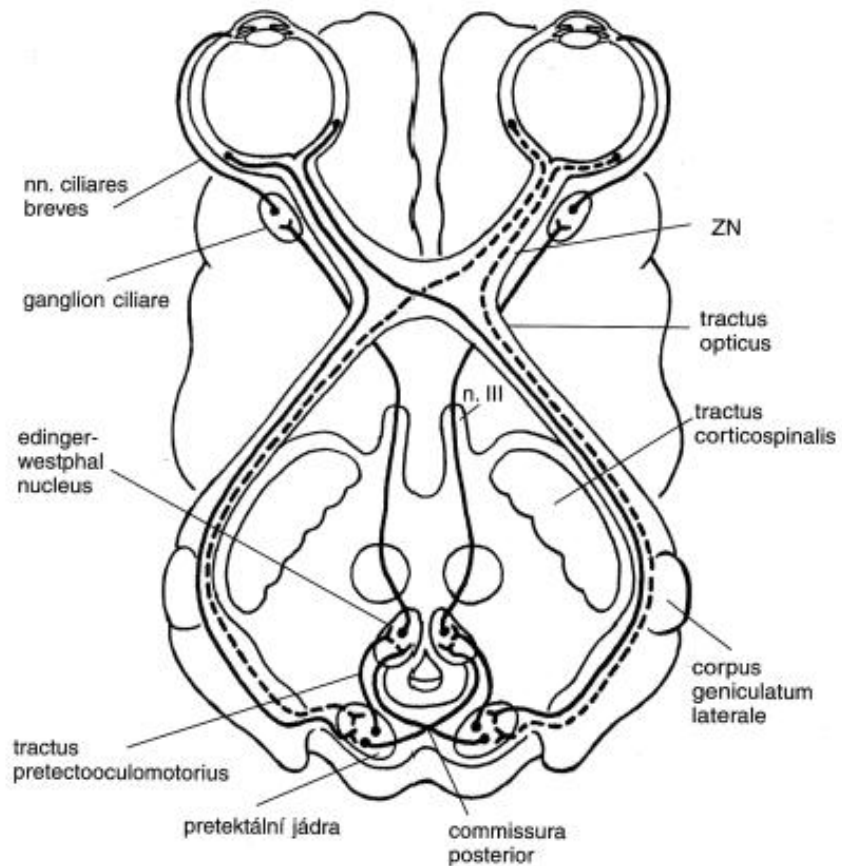
Obr. č. 8: Znázornění průběhu parasympatické dráhy přes ganglion ciliare

### 3.2.3. Sympatická eferentní dráha

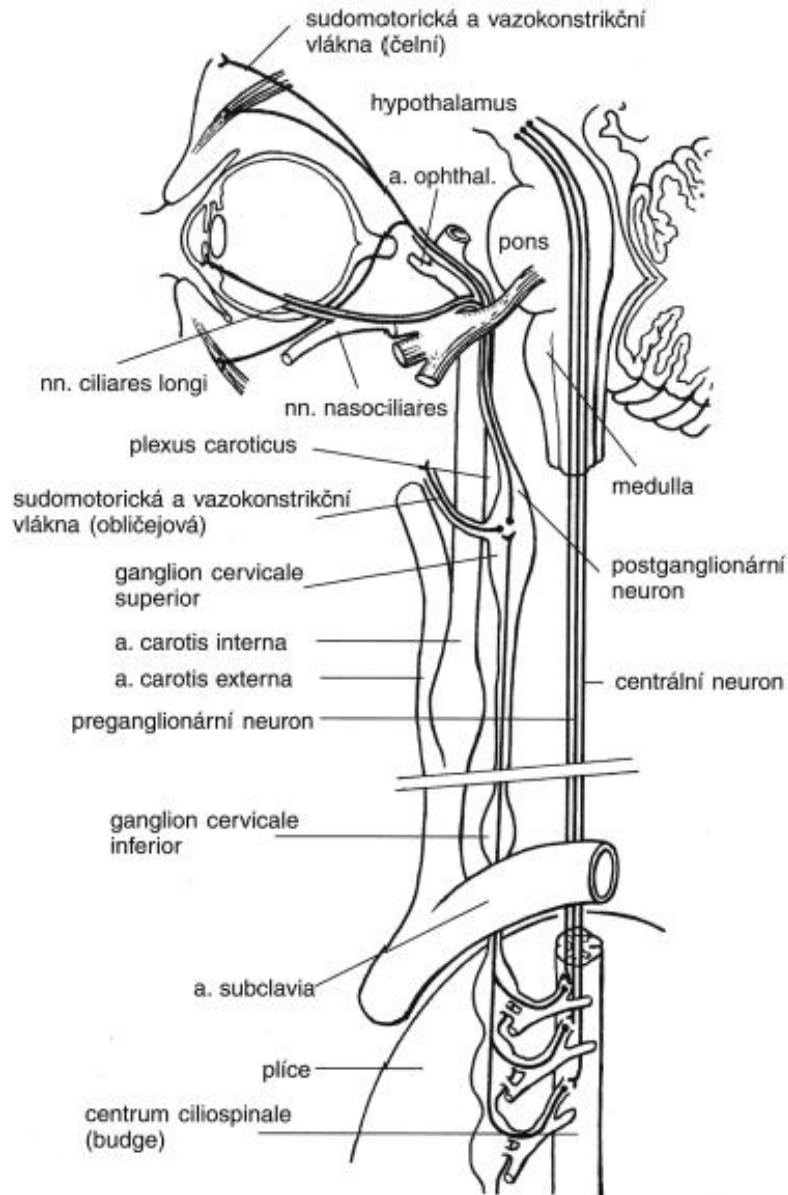
Odstředivá nervová dráha reagující na úbytek světla v sítnici je tříneuronová. První neuron spojuje *hypothalamus* (mezimozek) a *ciliospinální* tzv. *Budgeho centrum* na rozhraní krční a hrudní míchy. Pupilomotorická vlákna v největším množství vystupují na úrovni míšního segmentu Th1. Druhý neuron spojuje toto centrum s *ganglion cervicale superius* v krčním sympatiku (míšní segment C2 a C3) poté, co se vlákna vyhnou apexům plicních laloků a to předními míšními kořeny jako *rami communicantes*. Do očníce vstupují sympatická vlákna dvěma větvemi. První jde podél a. carotis interna do Gasseova semilunárního ganglia a poté cestou *n. ophthalmicus*, *n. nasociliaris* a *nn. ciliares longi* k rozvěrači zornice. Někdy pupilomotorická vlákna před připojením k *n. trigeminu* (5. hlavový nerv, jehož 1. větví je *n. ophthalmicus*) mohou jít spolu s *n. abducens* (6. hlavový nerv). Druhá větev míří přes plexus caroticus cavernosus do fissura orbitalis superior, jako *radix sympathica* bez přepojení projdou *ciliární ganglion*, kde se připojují k parasympatiku a spolu s ním jdou cestou *nn. ciliares breves* k m. dilatator pupillae

(Obr. č. 10).

Sympatická reflexní dráha se nikde nekříží ani nepřepojuje (narozdíl od parasympatické dráhy), proto pokud je porušena, projeví se poškození *homolaterální poruchou zornice* (poruchou jen na stejnostranné zornici jako je místo poškození) /4/.



Obr. č. 9: Průběh fotoreakce



Obr. č. 10: Průběh sympatické dráhy

### 3.3. Reakce zornice na konvergenci

Při pohledu do blízka se zornice zužují. Zúžení zornic v reakci na blízký podnět je propojeno s konvergencí zorných os a akomodací. Zrakovou drahou dojde ze sítnice informace o neostrém obrazu do zrakové kůry (area striata 17). Sousední oblasti (area parastriata 18, peristriata 19) vyšlou ke kaudální části E.-W. jádra a k okulomotorickým jádrům

v mozkovém kmeni (s výjimkou pretektálních) impuls. Ten se šíří sestupnou cestou n. oculomotoriu k vnitřnímu přímému svalu, ciliárnímu svalu a svěrači zornice /3/.

### **3.4. Reakce zornice na psychosenzorické a senzitivní podněty**

Emoce jako radost, úlek, stres, bolest, orgasmus či dotek na kůži dráždí sympatikus, což vede k rozšíření zornic. Centrum reakcí zornic na psychické a senzitivní podněty se nachází v hypothalamu, konkrétně v hypothalamických vegetativních centrech. Emoční vzruchy se sem dostanou z mozkové kůry, impuls bolesti cestou párového 5. hlavového nervu (n. trigeminus) a ostatní impulsy zadními kořeny míšních nervů. Dráha reakce jde z hypothalamu přes střední mozek a prodlouženou míchu do ciliospinálního centra na rozhraní krční a hrudní míchy cestou tractus hypothalamotegmentalis a zadní podélný svazek /3/. Z ciliospinálního centra se akční potenciál šíří k rozvěrači zornice již uvedenou sympatickou drahou (3.2.3.).

### **3.5. Fyziologie zornice v souvislosti s věkem a stavem**

Novorozenec mívá zornice zúžené. Je to způsobeno tím, že rozvěrač zornice není ještě zcela vyvinut. Během produktivní fáze života závisí šíře zornice na poměru parasympatiku a sympatiku, což je individuální záležitost. Šířka zornice dětí ve věku 4 – 6 let dosahuje hodnot 4 – 5 mm, ve stáří už jen 2 – 3 mm /5/. Zornice nabývá maximální šířky ve věku 15-20 let. Poté velikost spojitě klesá o 0,4 mm za 10 let (1993, Loewenfeld). Ve stáří je tedy zornice zúžená. V okamžiku smrti jsou zornice rozšířené, do několika hodin se však zúží.

Šíře zornice kolísá i během dne. Ve spánku jsou zornice v mióze, čehož lze využít k odhalení předstíraného spánku. Německý výzkum, který proběhl v roce 1999, zkoumal fyziologické reakce zornic během dne a noci. Zkoumanou skupinou byli studenti ve věku 24-32 let, nekuřáci, kteří pili maximálně pět šálků kávy denně. Pokus trval 30 hodin, za stálé teploty a osvětlení. Pomocí infračervené kamery se pořizovaly každé dvě

hodiny jedenáctiminutové záznamy zornic, přičemž sledované osoby měli opřenou bradu, nasazeny ochranné brýle s infračerveným filtrem a fixovali infračervené diody. Hlavními sledovanými znaky byly pohyby zornicového okraje a velikost zornice. Vědci zjistili, že index zornicového neklidu (= PUI, součet pomalých pohybů okrajů zornice v mm/min) byl nejmenší ráno při začátku pokusu, poté rostl až do odpoledne a večer klesal až na počáteční hodnotu a během noci rostl. Maximální velikost zornice byla zjištěna ráno, poté se její průměr zmenšoval a výrazněji vzrostl až v pozdním odpoledni. Večer a v noci zornice nabývala velmi malého průměru. Dále bylo zjištěno, že zornice se více pohybovaly po dobu spánku a v případě spánkové deprivace. Naproti tomu ve stavu bdělosti byly pohyby zornicových okrajů i změny velikosti minimální /a/.

Mióza nastává při umělém spánku, narkóze. Zornice se musí pečlivě sledovat, protože pokud se během operace rozšiřují, znamená to, že pacientovi hrozí smrt. Šíři zornic ovlivňují drogy a farmaka.

### **3.6. Speciální reflexy zornice**

Byly vyzorovány některé specifické reakce zornice. Patří mezi ně reakce na sevření víček, mechanický kontakt s okem, pohled do strany či podráždění akustických a vestibulárních center.

#### **3.6.1. Piltzův-Westphalův fenomén**

Piltzův-Westphalův fenomén je zúžení zornice v důsledku kontrakce svěrače víček. Při pokusu o silné sevření víček se tedy objevuje mióza.

#### **3.6.2. Okulopupilární reflex**

Okulopupilární reflex je přechodná mydriáza v důsledku mechanického podráždění oka. Při mírném dotyku rohovky nebo spojivky se zornice nejprve rozšíří a po chvíli zúží /1/.

### 3.6.3. Tourneyova reakce

Tourneyova reakce je kolísavé rozšíření zornice abdukujícího oka při delším extrémním pohledu do strany /4/.

### 3.7. Mydriáza a dynamická zraková ostrost

Japonská studie z roku 2006 /b/ zkoumala vliv šířky zorničky na schopnost rozlišit pohybující se podněty. Cílem bylo zjistit, zda může mít rozšíření zornice vliv na řízení auta za stížených světelných podmínek. U skupiny pacientů rozkapaných mydrinem P s 0,5% tropikamidem, 0,5% fenylefrinem a hydrochloridem se zkoumala binokulárně dynamická zraková ostrost v čase od nakapání mydra. Jako testovací znak byl použit Landoltův kruh pohybující se horizontálně za světelných podmínek 1350 Cd/m<sup>2</sup>. Následující tabulka shrnuje zjištěná data. Narozdíl od skupiny nerozkapaných pacientů, u nichž se DVA pohybovala v intervalu 200 – 203 °/s, u pacientů s mydriázou byla rychlost určení znaku o poznání menší při maximální šíři zornice (226 °/s).

Čas (min.)	Velikost zornice (mm)	DVA (°/s)
0	4,1	198
30	7,8	223
60	7,7	226
120	7,4	219
360	4,0	202

Tab. č. 1: Dynamická zraková ostrost (DVA) v závislosti na šíři zornice

## 4. Vyšetření zornice

U zornic posuzujeme umístění v duhovce, tvar, šíři, reakci na světlo a konvergenci a na uzávěr oční štěrbiny. Šíři zornice měříme v milimetrech, lze k tomu použít *Haasovu lištu* s různě širokými otvory nebo *Wesselyho keratometr*. Wesselyho keratometr je zařízení, jež se skládá z tubusu se spojnou čočkou, fixační značky a stupnicí pro odečet hodnot. Při vyšetření za tmy můžeme použít speciální *pupilometr*, který funguje na podobném principu jako keratometr a je nejběžnější používanou

metodou dneška /5/. Zjištěné hodnoty ovšem nejsou úplně adekvátní vzhledem k proměnlivé šíři zornice.

Fotoreakce zkoumáme přímé i nepřímé. Používáme k tomu difúzní světlo. Při posuzování přímé reakce postupujeme tak, že necháme pacienta dívat do dálky, zakryjeme mu na několik sekund oči, pak odkryjeme jedno oko po druhém a sledujeme fotoreakci obou zornic (Obr. č. 11).

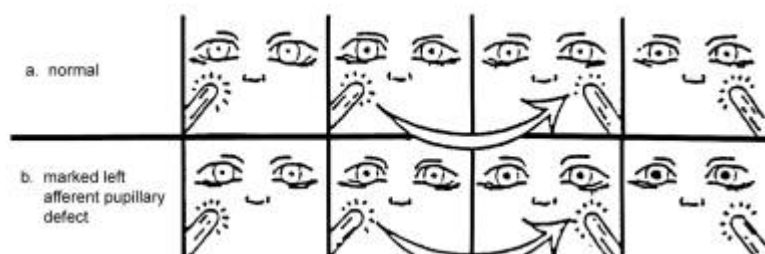
Při posuzování nepřímé reakce zakrýváme pouze jedno oko a sledujeme reakci na druhém (nezakrývaném) oku, pokus několikrát opakujeme. Podle Jiráskové /3/ můžeme zhodnotit fotoreakci a klasifikovat ji jedním ze čtyř stupňů:

STUPĚŇ	REAKCE NA SVĚTLO
I.	slabší úvodní stah, větší redilatace
II.	iniciální klidová pozice, větší redilatace
III.	okamžitá dilatace zornice (tzv. pupillary escape)
IV.	okamžitá dilatace zornice po prodloužení osvitu na šest sekund

Tab. č. 2: Hodnocení fotoreakce podle Jiráskové

Reakci na konvergenci vyšetřujeme tak, že pacienta, který se dívá do dálky, necháme zadívat na blízký bod např. tužka, prst, čtecí tabulka a pozorujeme přitom reakci zorniček. Tuto reakci lze vyvolat i u slepých pacientů na podkladě citlivosti (stiskem vyšetřujícího prstu pacienta) /6/.

K posouzení patologických stavů lze použít i farmaka ovlivňující autonomní nervový systém. Léta se používal test Förstera a Gogela s adrenalinem a kokainem, který se ovšem ukázal nedokonalým. Proto ho Thompson (1972) upravil tak, že přidal k testu další dvě mydriatické látky: 2% fenylepinefrin a 1% hyfroxyamfetamin /4/.



Obr. č. 11: Vyšetření fotoreakce

a - normální reakce

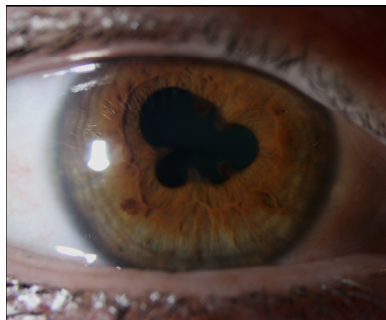
b - postižení parasymptiku levého oka

## 5. Patologie zornice

V této kapitole představím a popíšu stavy zornice, při kterých má zornice abnormální vzhled nebo dochází k reakcím odlišným od již zmíněných v kapitole 3. To, že zornice nefunguje tak, jako u zdravého jedince, bývá způsobeno poruchou inervace příslušného duhovkového svalu nebo mechanicky např. pozánětlivými srůsty duhovky a čočky. K zjištění příčiny je nutné pečlivé vyšetření, zohlednit genetický předpoklad a celkový stav pacienta. Špatně fungující zornice může být součástí syndromů, může také poukazovat na nitrolební nádor. Úspěšná terapie, pokud to lze, spočívá v odstranění příčiny, která vyvolala změny v zornici.

### 5.1. Patologie statiky zornice

Vyšetření patologie statiky zornice zahrnuje zhodnocení jejího tvaru, centrace a šířky.



Obr. č. 12: Změna tvaru zorničky v důsledku pozánětlivých srůstů

#### 5.1.1. Kolobom duhovky

Kolobom duhovky je vrozená oboustranná vada, nedovyvinutí duhovky, které se projevuje zářezem jdoucím ze zornicového okraje k šesté hodině (Obr. č. 13). Kolobom duhovky způsobuje nedokonalé uzavření optické štěrbině v sedmém týdnu nitroděložního vývoje. Obvykle se pojí s dalšími vývojovými očními vadami jako je kolobom čočky. Dědí se dominantně. Kosmeticky lze vadu zakrýt nošením barevných kontaktních čoček.





Obr. č. 13: Kolobom duhovky

### 5.1.2. Polykorie

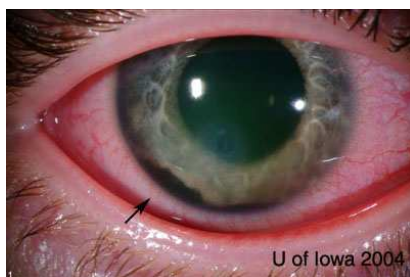
Polykorií označujeme stav, při kterém je v oku více zornic. Může být jednostranná nebo oboustranná. Stejně jako u kolobomu duhovky se jedná o vrozenou vadu. Stav, kdy je v duhovkové tkáni více otvorů, ale neobklopuje je vlastní svěrač, se nazývá *nepravá polykorie*.

### 5.1.3 Perzistence pupilární membrána

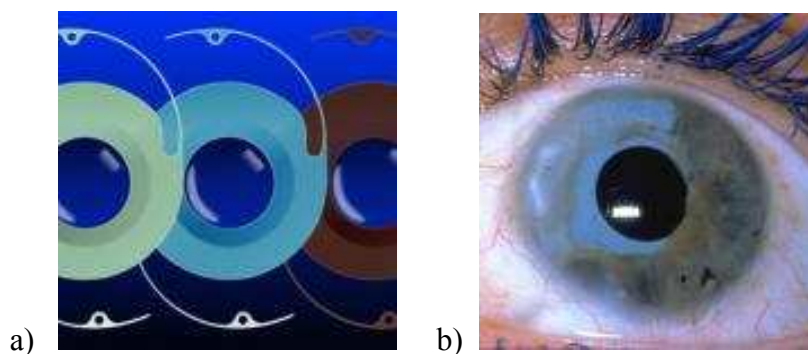
Během nitroděložního vývoje se v místě budoucí zornice, před vznikající čočkou, utváří membrána, která vyživuje vznikající tkáň. Před porodem zpravidla pupilární membrána mizí. Pokud nevytmizí úplně, mluvíme o perzistenci pupilární membrány (viz. Obr. č. 14). Blanka nemá vliv na zrakovou ostrost /2/.

### 5.1.4. Iridorhexis

Iridorhexe je natržení zornicového kraje. Patří k obvyklému nálezu při tupém poranění oka. Někdy kromě iridorhexe může při poranění dojít až k odtržení duhovkového kořene, mluvíme o *iridodialýze* (Obr. č. 14). Pokud dojde k poškození svěrače zornice, nalézáme širokou nereagující zornici, tento stav nazýváme *iridoplegia traumatica*. Pokud je poškození duhovky velké, zužuje se zornice uměle, buď speciální kontaktní čočkou nebo operativně aplikací speciální nitrooční čočky (ICL) do zadní komory nebo na duhovku (Obr. č. 15)



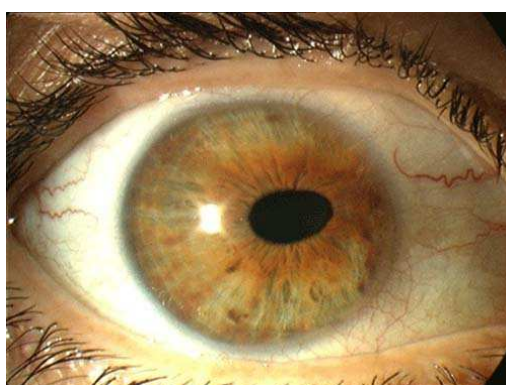
Obr. č.14: Iridodialýza



Obr. č. 15: a) jeden z typů nitroocní čočky nahrazující duhovku  
b) voperovaná nitroocní sektorová čočka

### 5.1.5. Ectopia pupillae

Ektopie zorničky je vrozené posunutí zornice směrem ven a nahoru (Obr. č. 16). Postihuje obě oči a bývá spojena se změnou tvaru. Pokud se ektopie zorničky vyskytne spolu s posunutím čočky směrem dovnitř a dolů, mluvíme o tzv. *Marfanově syndromu*.



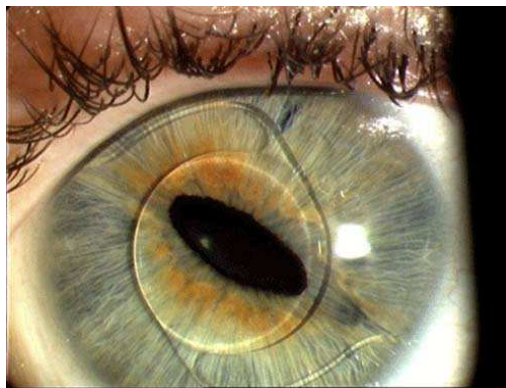
Obr. č. 16: Ektopie zorničky pravého oka

### 5.1.6. Dyskorie

Dyskorie se nazývá stav, při kterém je tvar zornice změněn z okrouhlého na svislý štěrbinovitý. Jedná se o vrozenou vadu /2/.

### 5.1.7. Ovalizace zornice

V posledních letech zaznamenala rozmach refrakční chirurgie. Jednou z možností, kam umístit nitrooční čočku předem určené optické mohutnosti, je přední komora. Zjistilo se, že pokud je haptická část čočky uchycena v duhovkorohovkovém úhlu, dochází po určité době u pacientů k deformaci zornice. Oválná zornice má nežádoucí účinek na kvalitu vidění, proto se v současnosti přistupuje k uchycování ICL přímo na duhovku.



Obr. č. 17: Ovalizace zornice způsobená předněkomorovou nitrooční čočkou uchycenou v úhlu

### 5.1.8. Hippus iridis

Hippus iridis definujeme jako viditelné nepravidelné střídání velikostí obou zornic současně a to nezávisle na podnětech. Hippus se vyskytuje vzácně, obvykle u neurotiků /4/.

### 5.1.9. „Skákající zornice“

Rychlé střídání rozšíření zornic (springing pupils) je vzácným jevem.

### 5.1.10. Anizokorie

Anizokorie, nesterélní šířka zornic, se vyskytuje u 20% lidí. Nemusí být vždy výrazná, rozdíl v šíři zornic do 0,3 mm se označuje za fyziologický /3/. Patologická anizokorie (Obr. č. 18) může mít různé příčiny. Většinou jde o lézi parasymptického nebo sympatického systému. Důležité je vyšetření vedoucí k určení patologického oka. To lze určit



### 5.1.11. Spastická mydriáza

Spastická mydriáza je rozšíření zornice vyvolané drážděním sympatiku, které působí stah m. dilatator pupillae. Oboustranně se vyskytuje jen po kratší dobu na základě emočního podnětu jako je radost, úlek nebo orgasmus. Oboustranná spastická mydriáza nastává také při epileptickém nebo hysterickém záchvatu /4/. Přitom pozorujeme též rozšíření oční štěrbinu a zblednutí postiženého.

Jednostranná spastická mydriáza ukazuje na jednostranné dráždění krčního sympatiku někde v průběhu jeho dráhy k rozšiřovači zornice. Iritace může být způsobena nádorem (nitrolebním, nitromíšním nebo plicního hrotu), strumou, zduřelou lymfatickou uzlinou, zánětem plicního hrotu nebo úrazem.

Fotoreakce a reakce na konvergenci bývají méně výbavné. Zornice nereaguje na kokain, ale po aplikaci atropinu se rozšiřuje, po eserinu zúží. Uměle lze spastickou mydriázu vyvolat vkápnutím 5% kokainu /6/. Dráždění sympatiku může přecházet v jeho obrnu /5/. Někdy mydriáza a rozšíření štěrbinu očí předchází *Hornerovu syndromu* /4/.

### 5.1.12. Paralytická mydriáza

Paralytická mydriáza je rozšíření zornice z obrny parasimpatiku v jeho eferentní dráze, tedy na úrovni 3. hlavového nervu. Rozvěrač zornice převažuje nad svěračem. K lézím dochází v jádře nebo kmene n. oculomotorii, ciliárním gangliu nebo krátkých ciliárních nervech. Paralytická mydriáza se vyskytuje poměrně často, častěji jednostranně než oboustranně. Oboustranně k ní dochází při otravě botulotoxinem, alkoholem nebo olovem. Jednostranné postižení bývá způsobeno utisknutím n. okulomotorii nádorem, aneurysmatem, subdurálním hematomem či kompresí 3. hlavového nervu na hraně klívu.

Fotoreakce a reakce na konvergenci chybí, proto mluvíme o *absolutní ztuhlosti zornice* (kap. 5.2.7). Reakce na psychosenzorické podněty, Piltzův-Westphalův fenomén (kap. 3.6.1.) a akomodace zůstávají zachovány. U jednostranného postižení nalézáme anizokorii (kap. 5.1.10.).

Vzácněji se k poruše zornice přidává porucha akomodace či porucha zevních očních svalů inervovaných 3. n.. Stav, při kterém se kombinuje mydriáza s obrnou ciliárního svalu se nazývá *vnitřní oftalmoplegie*. Pokud se přidá i obrna zevních očních svalů, jedná se o *totální oftalmoplegii* /7/. Zornice se rozšiřuje při aplikaci kokainu i atropinu, naopak zúží po podání eserinu. Uměle lze stav vyvolat užitím atropinových preparátů.

#### **5.1.13. Spastická mióza**

Spastická mióza je zúžení zorniček z podráždění parasympatiku. Dochází k ní vzácně, stejně jako ke spastické mydriáze. Dříve byla spojována s letargickou encefalitidou a tuberkulózními meningitidami /5/. Dnešní příčinou bývá vyšší dávka nikotinu, morfia, opia nebo alkoholu. Vyskytuje se též v souvislosti s dlouhotrvající cukrovkou, arteriosklerózou a myotonickou dystrofií /4/. Obvykle postihuje obě oči a často se pojí se spazmem akomodace. To vede k tomu, že dalekozrací a vetchozrací pacienti nepotřebují korekci do blízka, někteří pozorují dokonce zvětšení obrazu. Spastickou miózu jedné zornice následuje paralytická mydriáza např. při postižení hrany klívu při subdurálním krvácení.

Fotoreakce i reakce na konvergenci jsou velmi málo výbavné. Zornice vůbec nereaguje na kokain a minimálně na atropin. Uměle miózu navodí použití 2% pilokarpinu /6/.

#### **5.1.14. Paralytická mióza**

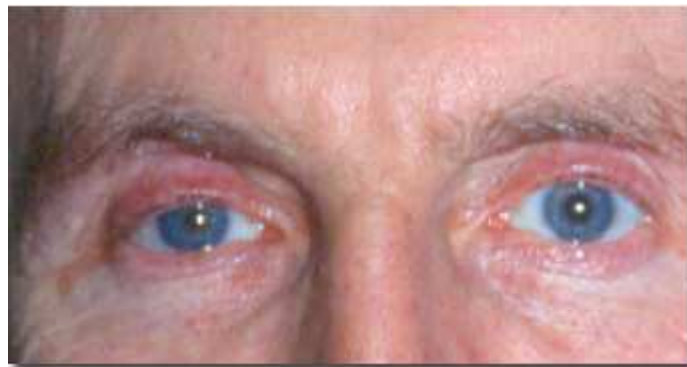
Paralytická mióza je zúžení zornice způsobené obrnou krčního sympatiku. Bývá jednostranná, s anizokorií, která se více projeví za tmy. Jak již bylo zmíněno, paralytická mióza nastává po spastické mydriáze změnou iritace sympatiku v jeho lézi. Příčinou tedy může být nádor, struma, zduřelá lymfatická uzlina, zánět plicního hrotu, úraz nebo aneurysma aorty. Pokud je obrna sympatiku vrozená, pacient má heterochromii duhovky s méně pigmentovanou duhovkou na straně léze /4/. Pokud se k mióze přidá mírný pokles horního víčka, zúžení štěrbinu oka, které se zdá být zapadlé do očnice a porucha pocení okolní části obličeje, mluvíme o *Hornerově syndromu* (Obr. č. 19 a 20).

Reakce na světlo, konvergenci a ostatní podněty k zúžení zornice jsou zdravé, ale chybí reakce na tmu. Zornice příliš nereaguje na atropin a kokain, zato výrazně reaguje na adrenalin. Čím periferněji se léze nachází, tím větší rozšíření zornice nastane. Tohoto jevu se využívá v lokalizaci místa postižení (tab. č. 4). Farmakologická diagnostika je nicméně léta diskutované téma (kap. 4).

#### a) Hornerův syndrom

Hornerův syndrom může vykazovat kromě výše uvedených příznaků také nižší nitrooční tlak a zvýšenou akomodaci do blízka. Pokud onemocnění trvá dlouhou dobu, je pravděpodobné, že nemá zhoubnou příčinu. U akutních stavů je nutné poslat pacienta na další vyšetření (tomografii mozku a hrudníku, magnetickou rezonanci mozku a krku, krevní vyšetření či biopsii uzlin), aby se vyloučila příčina zhoubného charakteru. U dětí musíme sledovat ptózu víčka a v případě, že by povislé víčko mohlo vést ke vzniku tupozrakosti, operujeme se /8/.

Porucha sympatické dráhy může být centrální, preganglionární nebo postganglionární. Centrální poškození se týká thalamu, mozkového kmene nebo míchy. Často pak nacházíme *Wallenbergův laterální míšní syndrom*. Ten kromě Hornerova syndromu vykazuje poruchu inervace poloviny obličeje a obrnu dalších hlavových nervů nebo obrnu poloviny těla. Preganglionární poruchy sympatiku jsou umístěné v plicním hrotu. Postganglionární léze postihují oblast krku, báze lební, kavernózního sinu a hrotu očníce. Častou příčinou bývá aneurysma vnitřní karotidy /3/.



Obr. č. 19: Anizokorie u Hornerova syndromu, patologická výrazně užší zornice pravého oka, pokleslé horní víčko a zdánlivé zapadnutí oka do orbity



Obr. č. 20: Hornerův syndrom: reakce na světlo a tmu (postižené je opět pravé oko)

	normální zornice	centrální léze	pregangliová léze	postgangliová léze
kokain 4%	rozšíření	malé rozšíření	žádné rozšíření	žádné rozšíření
adrenalin 1:1000	žádné rozšíření	žádné rozšíření	malé rozšíření	zřetelné rozšíření
fenylefrin 1 – 2%	malé rozšíření	malé rozšíření	žádné/malé rozšíření	zřetelné rozšíření
hydroxyamfetamin 1%	rozšíření	rozšíření	rozšíření	žádné rozšíření

Tab. č. 4: Farmakologické pupilární testy při obrně sympatiku dle Thompsona



## 5.2. Patologie dynamiky zornice

Vyšetření patologie dynamiky zornice zahrnuje zhodnocení reakcí na světlo, tmu a konvergenci, případně farmaka.

### 5.2.1. Amaurotická ztuhlost zornice

Amaurotická ztuhlost zornice je obraz zornice slepého oka způsobený poruchou zrakového nervu ve všech jeho nervových vláknech. Zornice jsou stejně široké (izokorické) s průměrem 5 - 7 mm. Rozlišujeme jednostranné a oboustranné postižení. V případě jednostranného postižení je zachována reakce na světlo při osvitu zdravého oka (zúží se obě zorničky). Při osvitu slepého oka nereaguje ani jedno oko. Zornice reagují při pohledu do blízka normálně. Oboustranná slepota se vyznačuje nulovou fotoreakcí a zachovalou reakcí na konvergenci. Test reakce na světlo tedy může odhalit předstíranou slepotu.

Častou příčinou přerušení nervových vláken či ztráty jejich vodivosti bývají zlomeniny spodiny lební, při nichž dochází ke zhmoždění nervových vláken v optickém kanálku /5/.

### 5.2.2. Amblyopická ztuhlost zornice

Amblyopická ztuhlost zornice se vyznačuje snížením síly fotoreakce a to podle stupně narušení vláken 2. hlavového nervu. Příčinou mohou být neuritidy, úraz nebo útlak vláken /4/. Zdravě probíhá reakce na konvergenci. Při diagnostice lze uplatnit *Gunnův a Kestenbaumův test*.

Gunnův test spočívá v dlouhodobějším osvitu jednoho oka. Pakliže je oko amblyopické (vyjm. amblyopie z důvodu zakalení rohovky nebo čočky), dojde k rychlému mírnému zúžení zornice, po kterém nastává její rozšíření skoro až do původní velikosti. Hovoříme o tzv. *Gunnově pupilárním příznaku*.

Kestenbaumův test upravuje Gunnův test tak, že střídavě zakrýváme obě oči. Amblyopickou ztuhlost vykazuje to oko, které je nezakryté a nezúží se jeho zornice.

### 5.2.3. Hemianopická ztuhlost zornice

Hemianopická ztuhlost zornice je obraz zornice při porušení zrakové dráhy v chiasmatu nebo optickém traktu. Při lézi v místě křížení má pacient výpadek vnějších nebo vnitřních polovin zorného pole, hovoříme o heteronymní hemianopsii. Porucha dráhy v optickém traktu vykazuje výpadky stejnostranné poloviny zorného pole obou očí, jedná se tedy o homonymní hemianopsii. U porušení optického traktu může vznikat anizokorie a to tak, že užší zornice se nachází na stejné straně jako poškození /4/.

Zorničky reagují na světlo pouze při osvitu vidoucí poloviny sítnice. Tohoto oddělení místa osvitu není lehké dosáhnout, dnes se k tomu používá vyšetření úzkým svazkem světla na štěrbinové lampě.

### 5.2.4. Reflektorická ztuhlost zornice

Reflektorická ztuhlost zornice je porucha specifická tím, že u ní dochází k oddělení reakcí na světlo a konvergenci. Znamená to, že zatímco fotoreakce úplně chybí, zúžení zornic při pohledu do blízka je zachováno. Zmíním dvě formy tohoto onemocnění: reflektorickou ztuhlost zornice v širším smyslu a syndrom Argylla Robertsona.

#### a) Reflektorická ztuhlost zornice v širším smyslu

Při této formě jsou zornice středně široké. Reflektorickou ztuhlost zornice může způsobit cukrovka, skleróza nebo nádor v centrální nervové soustavě zejména v oblasti čtverhrbolí. Pakliže při vyšetření zjistíme i obrnu zevních očních svalů pro pohled směrem nahoru a dolů, nystagmus a retrakci víček, jedná se o tzv. *Parinaudův syndrom* /3/.

#### b) Argyll Robertsonova zornice

Zornice u Argyll Robertsonovy zornice má změněný tvar, úzká bývá za světla i za tmy pod 3 mm (vzhled špendlíkové hlavičky). Ačkoli postihuje většinou obě oči, zornice jsou anizokorické. Zúžení zornic při pohledu do blízka je zřetelné. Zornice se špatně rozšiřuje i po aplikaci mydriatik. Stroma duhovky atrofuje. Příčinou Argyll Robertsonovy zornice je získaná syfilida, kterou je nutno léčit.



Obr. č. 21: Argyll Robertsonův syndrom: zřejmá reakce na konvergenci na dolním obrázku

### 5.2.5. Pupilotonie

Pupilotonie patří k významným klinickým jednotkám jako nejčastější příčina anizokorie (kap. 5.1.10.). Vznik pupilotonie pravděpodobně souvisí s degenerací parasymptických vláken v ganglion ciliare po zánětu, úraze nebo autonomní neuropatii. Často se pojí s *akomodotonií*, to znamená, že pacienti mohou mít problémy s rychlým přeostrůváním. Vyskytuje se jako jednostranné postižení.

Fotoreakce u pupilotonie téměř vyhasla, reakce při pohledu do blízka je pomalá, může trvat až jednu minutu, přičemž postižené oko se zúží o něco více než zdravé. Redilatace při pohledu do dálky může trvat i o něco déle. Pupilotonie v kombinaci se ztrátou patelárního reflexu a reflexu Achillovy šlachy se nazývá *Adieho syndrom*.

#### a) Adieho syndrom

Syndrom postihuje častěji ženy ve středním věku. Zornice je citlivá na cholinergika. Z kosmetických důvodů nebo pro pomoc při akomodaci aplikujeme postiženým 0,125% pilokarpin /8/.



Obr. č. 22: Adieho zornice: zpomalená reakce při pohledu do blízka u postiženého levého oka

### 5.2.6. Paradoxní reakce zornic

Zornice reaguje opačně než by měla, tzn. při osvitě a pohledu do blízka se rozšiřuje /5/.

### 5.2.7. Absolutní ztuhlost zornice

Při absolutní ztuhlosti zornice jsou zornice široké a nereagují na světlo ani na konvergenci. Příčinou bývají záněty, úrazy a cévní problémy v oblasti jader okohybných nervů.

## 5.3. Přehled patologie zornice dle místa poškození dráhy

Jirásková v publikaci *Neurooftalmologie* (2001) dělí onemocnění zornice do tří skupin: aferentní pupilární poruchy, eferentní parasympatické pupilární poruchy a eferentní sympatické pupilární poruchy. Velmi stručný přehled ukazuje následující tabulka.

	<b>místo poškození dráhy</b>	<b>možná onemocnění zornice</b>
aferentní pupilární defekty	zrakový nerv	amaurotická ztuhlost zornice
	chiasma opticum	bitemporální hemianopická ztuhlost zornice
	optický trakt	druhostranná homonymní hemianopická ztuhlost zornice
	corpus geniculatum laterale	bez poruchy zornic
	pretektální oblast před jádry	hemianopická ztuhlost zornice bez hemianopsie
	oblast mezi pretektálními a Edinger-Westphalovými jádry	oboustranná reflektorická ztuhlost zornic (Argyll Robertsonova zornice)
eferentní parasymp. defekty	jednostranně mezi pupilomoto-	Argyll Robertsonova zornice jednostranně
	rickými vlákny a E.-W. jádrem	
	eferentní dráha 3. n.	absolutní homolaterální ztuhlost zornice
	ciliární ganglion	pupilotonie
eferentní symp. defekty	sympatická dráha	Hornerův syndrom

Tab. č. 5: Poškození pupilomotorické dráhy

## 6. Farmakologie zornice

Tato kapitola volně navazuje na kapitoly 2.4. a 3.1. Farmaka ovlivňující velikost zornice jsou využívána v různých očních vyšetřeních nebo terapiích, bývají však i zneužívána. Chemické látky, které aktivují parasympatikus se nazývají *parasympatomimetika*, látky blokující parasympatikus *parasympatolytika*. Sympatická inervace je zvýšena po podání *sympatomimetik*, naopak snížena látkami, které nazýváme *sympatolytika*. Zjednodušeně, můžeme říct, že parasympatomimetika a sympatolytika zornici zužují. Zornici rozšiřují sympatomimetika a parasympatolytika. Doba nástupu a účinku působení farmak je různá, záleží na typu podané látky a její koncentraci. Některé látky působí pár minut, jiné i týden.

### 6.1. Farmaka rozšiřující zornici

Rozšíření zornic je výhodné při vyšetřování duhovkorohovkového úhlu nebo periferních částí sítnice u starších lidí. K vyšetření zrakové ostrosti u dětí se často používají látky, které kromě rozšíření zornice navozují obrnu ciliárního svalu. Tím lze vyloučit schopnost akomodace, která je u dětí velká. Jako terapeutického prostředku se používají látky rozšiřující zornici k roztržení pozánětlivých srůstů mezi duhovkou a čočkou a před operací šedého zákalu. Dále pak při perforačním poranění rohovky a glaukomové iritidě.

#### 6.1.1. Sympatomimetika

Sympatomimetika jsou v některé literatuře označována jako *adrenergika* a to z toho důvodu, že působí na nervový systém stejně jako noradrenalin. Tyto látky rozšiřují zornici buď přímo nebo nepřímo.

Přímo na receptory rozvěrače zornice působí adrenalin a fenylefrin. Nepřímo působí hydroxyamfetamin nebo kokain. První zmíněný tak,

že uvolňuje ze synapsí noradrenalin, druhý tím, že brání zpětné resorpci noradrenalinu /4/.

### **6.1.2. Parasympatolytika**

Parasympatolytika bývají nazývána též *anticholinergika*. Je to proto, že z receptorů na svěrači zornice vytlačují acetylcholin. Mezi tyto látky patří atropin nebo skopolamin /4/. K objektivnějšímu vyšetření vizu se používají látky, které kromě mydriázy navozují obrnu akomodace. Jsou to tzv. *cykloplegika*. Mezi ně patří cyklogyl, mydriacyl a homatropin.

## **6.2. Farmaka zužující zornici**

Zúžení zornic je významné pro léčbu zeleného zákalu. Zúžením lze totiž dosáhnout lepšího odtoku komorové vody z oka a tím i snížení nitroočního tlaku (Obr. č. 3). Dále se látky zužující zornici používají po operaci šedého zákalu či po tupých poraněních oka k překonání mydriázy.

### **6.2.1. Parasympatomimetika**

Parasympatomimetika jsou jinak nazývána *cholinergika*, protože účinkují v nervové soustavě stejně jako acetylcholin. Stejně jako sympatomimetika, působí na zornici přímo nebo nepřímo.

Přímo receptor svěrače aktivuje pilokarpin a karbachol. Fyzostygin nebo neostigmin inhibují cholinesterázu, což je látka odbourávající přebytečný acetylcholin, působí tedy nepřímo.

### **6.2.2. Sympatolytika**

Sympatolytika neboli antiadrenergika neboli betablokátoři blokuji vylučování adrenalinu na synapsích, což vede k obrně rozvěrače zornice

a tedy převaze svěrače. Mezi sympatolytika řadíme guanetidin, betaxol /4/. Skupina těchto léků je nejčastěji používanou v terapii zeleného zákalu.

### 6.3. Působení drog na zornici

Některé drogy užívané jako léčiva a nelegální drogy mají vliv na velikost zornic, případně jejich reakce. Je to dáno chemickým působením látek na nervovou soustavu. Orientačně lze vliv na zornice využít k průkaznosti užívání drog. Například heroin je specifický tím, že pod jeho vlivem mizí reakce na světlo.

DROGY ROZŠÍŘUJÍCÍ ZORNICI	DROGY ZUŽUJÍCÍ ZORNICI
kokain	kodein
LSD	heroin
extáze	morfin
těkavé látky	alkohol
halucinogeny	barbituráty
marihuana	opioidy
antidepresiva	neuroleptika
	nikotin

Tab. č. 6: Přehled drog a jejich působení na zornici

## 6. Onemocnění ovlivňující zornici

V této kapitole navážu na kapitolu č. 5 a vyzdvihnu příčiny, které způsobují patologii zornice ve smyslu neobvyklé šířky zornice a změny v reakcích zornic na světlo a konvergenci.

Patologie zornice má různé příčiny, od méně nebezpečných po závažné. Obecně je lze rozdělit na poruchy nervového systému a důsledky jiných očních či celkových onemocnění. V prvním případě je nutná spolupráce s neurologem. Při vyšetření posuzujeme, zda se postižení týká obou zornic nebo jen jedné. Nesmíme opomenout možnost účinku léků a drog.

Mióza, která není fyziologická, je navozena stálým drážděním parasympatiku, obrnou sympatiku nebo celkovým onemocněním. Patologickou mydriázu způsobuje velká aktivita sympatiku, obrna parasympatiku nebo jiná onemocnění. Příčiny patologického zúžení nebo rozšíření zornic, které přicházejí v úvahu, ukazují následující dvě tabulky.

JEDNOSTRANNÁ MIÓZA	OBOUSTRANNÁ MIÓZA
cizí tělísko v rohovce	cerebrovaskulární arterioskleróza
rohovkový vřed	myotonická dystrofie
hyphema	cukrovka
iritida	některé drogy (tab. č. 6)
neuropatie	
uveitida	
získaná syfilis	
struma	
aneurysma vnitřní karotidy, aorty	
krvácení pod tvrdou plenu mozkovou	
komprese hrany klívu	
nádor v sympatické dráze	
zduřelá lymfatická uzlina	
porucha chiazmatu	
porucha protilehlého optického traktu	

Tab. č. 7: Přehled patologických příčin zúžení zornice



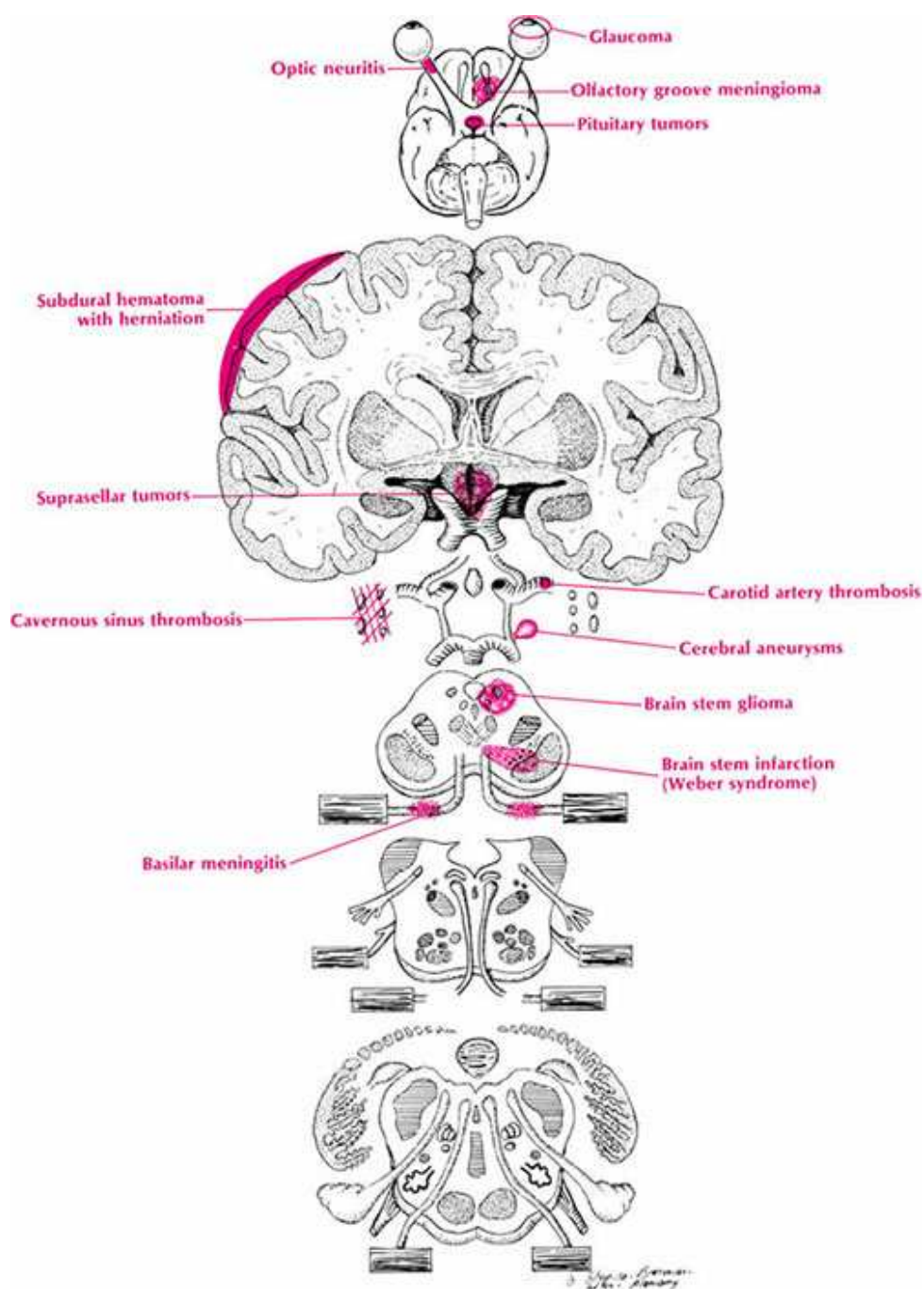
JEDNOSTRANNÁ MYDRIÁZA	OBOUSTRANNÁ MYDRIÁZA
akutní záchvat glaukomu s uzavřeným úhlem	epileptický záchvat
tupé poranění oka	hysterický záchvat
neuritida	cukrovka
struma	migréna
zánět plicního hrotu	komprese na hraně klívu
zlomenina spodiny lební	hematom pod tvrdou plenou
zduřelá lymfatická uzlina	aneurysma
léze na úrovni 3. n.	otrava botulotoxinem, olovem
léze 2. n. před corpus geniculatum lat.	některé drogy (tab. č. 6)
léze v jádře 3. n., v kmeni	
léze v ciliárním gangliu	
nádor plicního hrotu	
nitrolební nádor	
nitromíšní nádor	
komprese hrany klívu	

Tab. č. 8: Přehled patologických příčin rozšíření zornice

Léčba poruchy zornice spočívá v odstranění její příčiny. Proto je důležité provést správnou diagnostiku a udělat potřebná vyšetření. Jak vyplývá z tabulky, některé změny v CNS způsobují zúžení i rozšíření zornice (např. struma v důsledku poruchy funkce štítné žlázy nebo komprese hrany klívu). Záleží v jakém stádiu je poškození. V prvním stádiu je postižená oblast drážděna, což vede k větší aktivitě příslušného duhovkového svalu. Později však postižené místo CNS odumírá

a příslušný sval nemůže být inervován. Míóza může tedy přecházet v mydriázu a naopak.

Neopomenutelný význam má zornice při záchraně člověka po úraze způsobeném nehodou. Zdravotník nejprve kontroluje srdeční činnost a dech pacienta, následuje osvit očí postiženého baterkou, aby se zjistilo, zda zornice reagují na světlo, případně jak velké je postižení mozku. Široké nereagující zornice v tomto případě signalizují blížící se smrt.



Obr. č. 23: Znázornění defektů způsobujících rozšíření zornice

## 8. Závěr

Zornice za normálních okolností funguje jako clona, která se zvětšuje nebo zmenšuje podle toho, kolik světla na oko dopadá a optimalizuje tak vidění. Jakmile dopadá do oka více světla, aktivují parasympatická nervová vlákna svěrač zorničky, který zmenší její průměr až na 2mm, čímž dojde ke vstupu úzkého svazku paprsků do oka, prohloubení ostrosti a omezení sférické a chromatické vady. Tohoto jevu se využívá u špatně vidoucích pacientů, kterým se pro zlepšení vizu předkládá před oko úzká štěrbiná. Na osvit jednoho oka reagují obě oči. Pokud do oka přichází málo světelných paprsků, zornice se aktivně rozšíří až na 8mm pomocí rozvěrače zornice, k němuž vede impulzy sympatikus. Zlepšuje se tak světelný komfort. Zornice je ve dne a ve spánku zúžená, ve tmě rozšířená.

Šíře zornice kolísá během dne, s měnícím se věkem a v závislosti na poměru parasympatiku a sympatiku, na celkovém stavu člověka.

Jestliže fixujeme předmět, který se nachází blízko před okem, dochází ke třem spojitým reakcím: ke konvergenci, zúžení zornice a akomodaci. Zornice reaguje zúžením i na silné sevření víček. Naopak přechodné rozšíření nastává po podráždění rohovky a při dlouhém pohledu do strany.

Vzdálenost obou zorniček od sebe, která je důležitá pro optiky při zábrusu brýlových čoček, činí průměrně u žen 62 mm, u mužů 65 mm /9/. Mluvíme o tzv. *pupilární distanci* (PD). Umístění správné brýlové korekce před zorničky do optické osy zajišťuje optimální zobrazení předmětu ametropickým okem na sítnici s minimálním zatížením vadami zobrazení.

Vzdálenost zornic od sebe a šíři zornic měříme pupilometrem. Další vyšetření se zaměřují na posouzení tvaru, porovnání velikosti vůči sobě a zejména reakcí na světlo a konvergenci. Případně reakcí na farmaka (kokain, adrenalin) jako v případě určení místa nervového poškození u Hornerova syndromu.

Onemocnění zornice můžeme rozdělit na vrozená a získaná. Jiné dělení je na poruchy statiky a dynamiky. Mezi vrozené poruchy statiky zornice patří kolobom duhovky, dyskorie či ektopie jakožto obraz zornice se změněným tvarem. Nejvýznamnější statickou získanou patologií zornice je natržení zornicového okraje, k němuž dochází zejména po tupém úraze oka. Zornice nereaguje, zůstává rozšířena. V některých případech je nutno zornici operativně zúžit aplikací speciální nitrooční čočky, aby nedocházelo k přesvícení sítnice. Poměrně často se vyskytuje anizokorie, což je patologie s obrazem nestejně velikých zornic. Mívá nejrůznější příčiny, jednostranné postižení oka (akutní záchvat glaukomu, uveitidu) či jednostrannou poruchu v centrální nervové soustavě (parézu n. oculomotorii). Neurologického původu je paralytická mydriáza a mióza a méně častá spastická mydriáza a mióza. Paralytická mióza v kombinaci s ptózou víčka a poruchou pocení části obličeje se nazývá Hornerův syndrom.

Patologie dynamiky zornice se týká změněné nebo vyhaslé samotné fotoreakce (u Argyll-Robertsonovy reflektorické zornice, amaurotické, amblyopické a hemianopické ztuhlosti zornice) nebo změny fotoreakce spolu s reakcí na konvergenci (u pupilotonie s Adieho syndromem, absolutní ztuhlosti zornice).

Princip inervace svalů duhovky umožňuje ovlivnit průměr zornice chemickými látkami. Toho lze využít v terapii akutního záchvatu glaukomu, kdy zornici stahujeme, aby se zlepšil odtok komorové tekutiny z oka. Další využití je v roztržení pozánětlivých srůstů rozšířením zornice. Farmaka ovlivňující šíři zornice používají oftalmologové i v diagnostice. Nezáměrně se projevuje na zorničce užití některých léků (antidepresiv, neuroleptik), drog (marihuany, heroinu), alkoholu a tabáku.

Tato práce měla za cíl nastínit problematiku zornice, toho, na jakých principech funguje a jaké možné poruchy ji hrozí. Pokud splnila

svůj účel, pokud se mi podařilo nahlédnout do složité neurooftalmologické oblasti, nebylo psaní této práce zbytečné.

## 10. Použitá literatura

Jednosvazková díla:

1. Syka, J.; Voldřich, L.; Vrabc, F.: *Fyziologie a patofyziologie zraku a sluchu*. 1. vydání Praha, Avicenum, 1981, 322 s.
2. Kvapilíková, K.: *Anatomie a embryologie oka*. 1. vydání Brno, IDVPZ, 2000, 206 s.
3. Jirásková, N.: *Neurooftalmologie. Minimum pro praxi*. 1. vydání Praha, Triton, 2001, 124 s.
4. Otradovec, J.: *Klinická neurooftalmologie*. 1. vydání Praha, Grada, 2003, 487 s.
5. Riebel, O.: *Vybrané kapitoly z oftalmologie*. 1. vydání Praha, Státní pedagogické nakladatelství Praha, 1985, 225 s.
6. Kraus, H. et al.: *Kompendium očního lékařství*. 1. vydání Praha, Grada, 1997, 339 s.
7. Rozsival, P. et al.: *Oční lékařství*. 1. vydání Praha, Galén, 2006, 373 s.
8. Rhee, D. a kol.; překlad: Diblík, P.: *Diagnostika a léčba očních chorob v praxi*. 1. vydání Praha, Triton, 2004, 618 s.
9. Synek, S.; Skorkovská, Š.: *Fyziologie oka a vidění*. 1. vydání Praha, Grada, 2004, 93 s.

Studie a časopisy:

- a) Wilhelm, B. et al.: *Daytime variations in central nervous system activation measured by a pupillographic sleepiness test*, Ophthalmic and Physiological Optics, European Sleep Research Society, 2001, 7 s.
- b) Ueda, T. et al.: *Change in Dynamic Visual Acuity by pupil dilation*, Ophthalmica, Human Factors, Pro Quest ML, Winter 2006, 6 s.

Obrázky:

Obr. č. 1: [www.tqnyc.org](http://www.tqnyc.org)

Obr. č. 2: [i.idnes.cz](http://i.idnes.cz)

Obr. č. 3: [www.glaukpatienten.ch](http://www.glaukpatienten.ch)

Obr. č. 4: [www.vision-ua.com](http://www.vision-ua.com)

Obr. č. 5: [www.vscht.cz](http://www.vscht.cz)

Obr. č. 6: [www.kvhs.nbed.nb.ca](http://www.kvhs.nbed.nb.ca)

Obr. č. 7: <http://sk.wikipedia.org>

Obr. č. 8: Logan, Bari M.: *McMinn's color atlas of head and neck anatomy*. 3. vydání Edinburg, Mosby, 2004

Obr. č. 9, 10 Rozsival, P. a kol.: *Oční lékařství*. 1. vydání Praha, Galén, 2006

Obr. č. 11, 18, 22: [www.nanoswb.org](http://www.nanoswb.org)  
Obr. č. 12: nemocnice Bohunice  
Obr. č. 13: [www.sankterik.se](http://www.sankterik.se)  
Obr. č. 14, 20: [webeye.ophth.uiowa.edu](http://webeye.ophth.uiowa.edu)  
Obr. č. 15: [www.ophtec.com](http://www.ophtec.com)  
Obr. č. 16, 17: Kuchynka, P.: *Oční lékařství*. 1. vydání Praha, Grada, 2007  
Obr. č. 19, 23: <http://webeye.ophth.uiowa.edu>  
Obr. č. 21: [www.opt.pacificu.edu](http://www.opt.pacificu.edu)

Tabulky:

Tab. č. 1: Ueda, T. et al.: *Change in Dynamic Visual Acuity by pupil dilation*, *Ophthalmica, Human Factors, Pro Quest ML*, Winter 2006

Tab. č. 2: Jirásková, N.: *Neurooftalmologie*. 1. vydání Praha, Triton, 2001, str. 18

Tab. č. 3: Rhee, D. a kol.: *Diagnostika a léčba očních chorob v praxi*. 1. vydání Praha, Triton, 2004, str. 296

Tab. č. 4: Kraus, H. et al.: *Kompendium očního lékařství*. 1. vydání Praha, Grada, 1997, str. 220

Tab. č. 5: Kraus, H. et al.: *Kompendium očního lékařství*. 1. vydání Praha, Grada, 1997, str. 217 + rozšíření dle Jiráskové

Tab. č. 6: Ševela, K. a kol.: *Akutní intoxikace v intenzivní medicíně*. 1. vydání Praha, 2002