



Projektový list celoškolních projektů

Název projektu: Barvoslepost a její napodobení

Řešitel projektu: Tomáš Kopřiva

Vedoucí projektu: RNDr. Jitka Puchmajerová, Ph.D.

Individuální cíl řešitele projektu:

Popsat biologický proces vnímání barev

Připravit aktivitu potvrzující výše zmíněný proces

Připravit aktivitu, která by předvedla, jak vidí barvoslepi lidé

Spolupracovníci: ---

Školní rok: 2024/2025

Třída: 3.C

Poznámky:

Abstrakt

Hlavním cílem této projektové práce je přiblížit čtenářům příčiny a projevy vady zraku barvosleposti. V úvodní části se zabýváme vysvětlením principu barevného vidění a mechanismu vzniku barvosleposti a poruchy barvocitu. Následně jsou navrženy dvě aktivity, které ilustrují adaptaci lidského oka na různé barvy a ukazují, jak barvoslepí jedinci vnímají svět kolem sebe. Jedna z aktivit demonstruje změny vnímání barev při použití speciálních filtrů, zatímco druhá využívá applet simulující poruchy barvocitu. Práce tak nabízí jak teoretický pohled, tak praktické nástroje pro pochopení tohoto fenoménu.

Abstract

The main goal of this project is to familiarize readers with the causes and manifestations of the visual impairment known as colour blindness. The introductory part explains the principles of colour vision and the mechanisms behind colour blindness and colour vision deficiencies. Two activities are then proposed to illustrate the adaptability of the human eye to various colours and to demonstrate how colour-blind individuals perceive the world. One activity demonstrates changes in colour perception using special filters, while the other uses an applet simulating colour vision deficiencies. The work offers both a theoretical perspective and practical tools for understanding this phenomenon.

Obsah

Úvod.....	4
1. Lidský zrak a barevné vidění.....	5
1.1. Zrak.....	5
1.2. Vady zraku.....	6
2. Aktivita přibližující vady barevného vidění.....	7
Závěr.....	8
Zdroje.....	9
Příloha.....	10

Úvod

Téma barvosleposti jsem si vybral z toho důvodu, že je to vada, která není zcela správně vnímána a chápána širokou veřejností, pravděpodobně kvůli tomu, že si nedokážeme dobře představit, jak život s ní vypadá.

Barvoslepost je v dnešní době dobře chápanou vadou vidění na úrovni medicíny i biologie a existuje velké množství zdrojů, které čtenáře mohou seznámit s jejím podrobným popisem. Tyto zdroje jsou však často pouze teoretické a nepředvádějí žádnou praktickou aktivitu, kterou by se čtenář mohl vcítit do očí někoho, kdo barvoslepostí trpí.

Cílem této práce je tedy stručně představit barvoslepost (první část) a předvést dvě aktivity, které je možné si udělat v pohodlí domova a které napomohou lepšímu chápání barvosleposti (druhá část).

V první části práce se seznámíme s barvoslepostí na teoretické úrovni, ve druhé části jsou pak rozebrané připravené aktivity.

1. Lidský zrak a barevné vidění

Většina této kapitoly byla sepsána na základě zdrojů [1], [2], [3] a [4].

1.1. Zrak

Zrakový vjem je způsoben, pokud je světlo absorbováno na světločivných buňkách (na světlo reagujících buňkách), které se nacházejí na oční sítnici. Světločivné buňky se dělí do dvou druhů – na tyčinky a čípky.

Tyčinky

Tyčinky jsou tenké buňky přibližně 50 μm dlouhé a na sítnici se jich vyskytuje přibližně 120 milionů. Dělí se na vnější segment a vnitřní segment. Vnější segment obsahuje na světlo reagující bílkovinu z kategorie opsinů – rodopsin. Vnitřní část funguje jako propojení vnějšího segmentu s optickým nervem.

Rodopsin absorbuje nejvíce světlo o vlnové délce asi 500 nm. Při absorpci se rodopsin rozkládá na retinal a skotopsin. Tato reakce vybudí nervový impuls, který je optickým nervem poslán do mozku. Retinal a skotopsin následně za podpory vitamínu A přecházejí zpátky na rodopsin. Pokud je však tyčinka vystavena příliš intenzivnímu světlu, retinal se změní na retinol, který na rodopsin přechází velmi pomalu a tím pádem je vidění omezené. Zrak je proto tyčinkami zprostředkovávány primárně za šera.

Pokud by jedinec neměl dostatek vitamínu A, dojde k přeměně retinalu a skotopsinu na rodopsin pomaleji, což může mít za následek zhoršený zrak za šera až šeroslepost.

Čípky

Čípky jsou světločivné buňky o něco širší než tyčinky, asi poloviční délky a na sítnici se jich vyskytuje asi 8 milionů [5]. Dělí se na dvě části – vnější segment a vnitřní segment. Vnější segment obsahuje bílkovinu z kategorie opsinů - fotopsin, který je citlivý na určitou vlnovou délku dopadajícího světla. Vnitřní segment slouží jako spojení vnějšího segmentu a optického nervu.

Čípky obsahují 3 (případně 4, více níže) různé fotopsiny, u kterých reakce probíhá obdobně jako u tyčinek, nicméně nedochází k přeměně na retinol a tím pádem není vidění za jasného světla omezeno. První druh fotopsinu je LWS (long wave sensitive), což je opsin nejvíce citlivý na světlo vlnové délky asi 563 nm, MWS (medium wave sensitive) opsin je nejvíce citlivý na světlo vlnové délky asi 534 nm a SWS (short wave sensitive) opsin je nejvíce citlivý na světlo vlnové délky asi 420 nm [6].

Rozlišení vlnové délky světla

Rozsah vlnových délek, které čípky jsou schopny detekovat, je asi 1050 nm – 350 nm, nicméně vlnové délky pod asi 400 nm a nad asi 760 nm jsou absorbovány před dopadem na sítnici (rohovkou, komorovou vodou, čočkou nebo sklivcem). Schopnost rozlišit dvě barvy od sebe (tj. schopnost rozpoznat rozdíl vlnových délek světél pocházející ze dvou zdrojů) se liší napříč spektrem. Pro světla barev zelenomodré a žluté je oko schopné rozeznat rozdíl dvou barev lišících se o 1 nm, zatímco v okrajích spektra (červená a fialová) je oko schopné rozeznat rozdíl dvou barev lišících se o asi 10 nm.

1.2. Vady zraku

Se zrakem se pojí i vady, které způsobují zhoršenou schopnost vidění. Tyto vady zde rozdělíme do čtyř kategorií, avšak zabývat se budeme pouze jednou z nich. Tyto kategorie jsou Refrakční vady (např. dalekozrakost), vady průhlednosti oka (např. katarakta), ostatní vady (např. absence oka) a vady barevného vidění.

Vady barevného vidění

Zde rozlišujeme poruchu barvocitu, kdy je postižený jedinec schopný rozlišovat barvy za správných světelných podmínek, a barvoslepost, kdy postižený jedinec nerozezná určité barvy za libovolných podmínek [7].

Barvoslepost se pojí s recesivním pohlavním genem X. Postižení tak jsou převážně muži, kterým stačí jeden postižený pohlavní gen X. Aby se u žen projevila barvoslepost, musí mít postižené oba pohlavní geny X¹.

Barvoslepost můžeme rozdělit na 7 typů podle toho, které čípkové receptory jsou zasaženy. Podle toho, jestli je postižen čípek typu L (obsahující opsin LWS), M (opsin MWS) nebo S (opsin SWS) se rozlišuje prot-, deuter- respektive trit-. Podle toho, co je „špatně“ s čípkem, rozlišujeme -anomálii, při které je čípek citlivý na jinou vlnovou délku, než by měl, a -anopii, při které čípek naprosto chybí (např. protanopie je vada, kdy jedinec postrádá L-čípky, deuteranomálie je vada, při které je M-čípek citlivý na jiný odstín zelenožluté, atd.). Posledním typem je achromatopsie, při které jedinec nerozeznává žádné barvy a vidí černobíle.

¹ Pokud má žena jeden z svých dvou chromozomů X postižený barvoslepostí, vidí normálně jako zdravý člověk a je pouze „přenašečem“ barvosleposti na své děti.

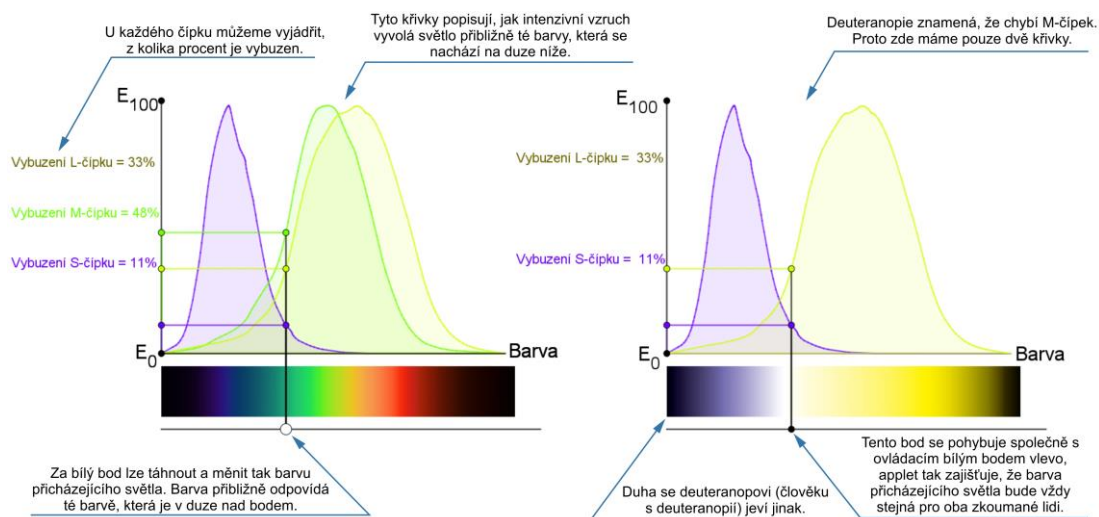
2. Aktivity přibližující vady barevného vidění

Aktivity, které předvádějí vady barevného vidění jsou spojeny do jednoho experimentálního celku, kterým je čtenář provázen pomocí pracovního listu (v příloze). Pomůcky, se kterými čtenáři na stanovišti pracují, jsou brýle s červeným a tyrkysovým filtrem místo sklíček (běžně používané pro pozorování anaglyfů), notebook s appletem a mobil s aplikací Color Blind Pal.

V teoretické části pracovního listu je čtenářům představen princip barevného vidění oka a vady, které barevné vidění narušují.

V prvním úkolu si čtenáři potvrdí informace zjištěné v teoretickém úvodu. Čtenáři si nasadí brýle s filtry a nechají si je na očích, zatímco si čtou krátký text o smyslové adaptaci. Následně si brýle sundají a pozorují bílou stěnu nejprve jedním a posléze druhým okem. Zjišťují, že v obou případech stěnu nevidí bílou, ale s mírným odstínem tyrkysové, nebo červené (jedná se vždy o doplňkovou barvu k barvě filtru daného oka). Tento princip je jim na konci úkolu vysvětlen.

Ve druhém úkolu čtenáři zkoumají deuteranopii. Nejprve čtenáři porovnají, jak vidí barvy zdravý člověk a jak je vidí deuteranop. Následně s pomocí appletu vysvětlí, proč deuteranop vidí barevné spektrum tak, jak ho vidí. Tato aktivita se odehrává v appletu, který je ukázán na obrázku 1.



Obrázek 1: Návod na ovládání appletu porovnávajícího vidění barevného spektra člověkem zdravým (vlevo) a člověkem trpícím deuteranopií (vpravo). Hýbáním bílým bodem ovlivňuje, jaká je barva světla, které dopadá na oči obou osob. Na grafu se následně zobrazí, jak je toto světlo zpracováváno jednotlivými čípkami a tím pádem jak tuto barvu osoby vidí.

Ve třetím úkolu čtenáři pracují s aplikací Color Blind Pal, která pomocí kamery tabletu simuluje deuteranomálii. Žáci poté popisují, jak se jeví barvy předmětů v okolí deuteranopovi.

V závěru pracovního listu čtenáři formulují poznatky o barvosleposti a deuteranomálii, které zjistili v pracovním listu.

Závěr

Práce si klade za cíl stručně představit barvoslepost a předvést dvě aktivity, které je možné si udělat v pohodlí domova a které napomohou lepšímu chápání barvosleposti.

V první části práce je představen princip barevného vidění a princip vzniku barvosleposti, čímž byl naplněn první z cílů práce.

Ve druhé části je představen experimentální celek s pracovním listem (v příloze), který demonstruje jednak existenci čípků v oku a jednak princip vidění s barvoslepostí. Také nabádá k užití aplikace, která demonstruje pohled osoby s různými barvoslepostmi.

Zdroje

[1] H. Davson, Ch. Perkins, S. Edward. human eye. Encyclopedia Britannica. [online]. [cit. 2022-02-04]. Dostupné z:

<https://www.britannica.com/science/human-eye>

[2] H. Davson, Ch. Perkins, S. Edward. rod. Encyclopedia Britannica. [online]. [cit. 2022-02-04]. Dostupné z:

<https://www.britannica.com/science/rod-retinal-cell>

[3] WikiSkripta. [online]. Projekt 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy. [cit. 2022-02-04]. Dostupné z:

<https://www.wikiskripta.eu/>

[4] Wikipedie. [online]. [cit. 2022-02-04]. Dostupné z:

<https://cs.wikipedia.org/>

[5] W. E. Snyder, Hairong Qi. *Fundamentals of computer vision B. Biological Vision*. Prepared by Louis Simard. Cambridge: Cambridge university press, [2017]. ISBN 978-1-107-18488-6.

Dostupné z:

<https://www2.cs.sfu.ca/CourseCentral/821/li/material/refs/Simard-biology.pdf>

[6] J. K. Bowmaker, H. J. Dartnall. *Visual pigments of rods and cones in a human retina*. The Journal of Physiology [online]. 1980, 298(1), 501-511 [cit. 2021-04-10]. ISSN 00223751. Dostupné z:

<https://physoc.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1113/jphysiol.1980.sp013097>

[7] NZIP | NZIP – Národní zdravotnický informační portál. *Poruchy barvocitu*. [online]. [cit. 2021-04-10]. Dostupné z:

<https://www.nzip.cz/clanek/381-poruchy-barvocitu>

Příloha

Vady barevného vidění

- Sledujte pokyny v tomto materiálu, pokud jsou pro vás nesrozumitelné, nebojte se nás zeptat.
- Vaše dílčí i finální závěry zaznamenávejte přímo do textu či připravených grafů.
- Chcete-li, můžete si například pomocí mobilu průběh experimentu vyfotit, natočit apod.

Cíl a idea experimentu

Na tomto stanovišti je vaším úkolem prozkoumat vady barevného vidění.

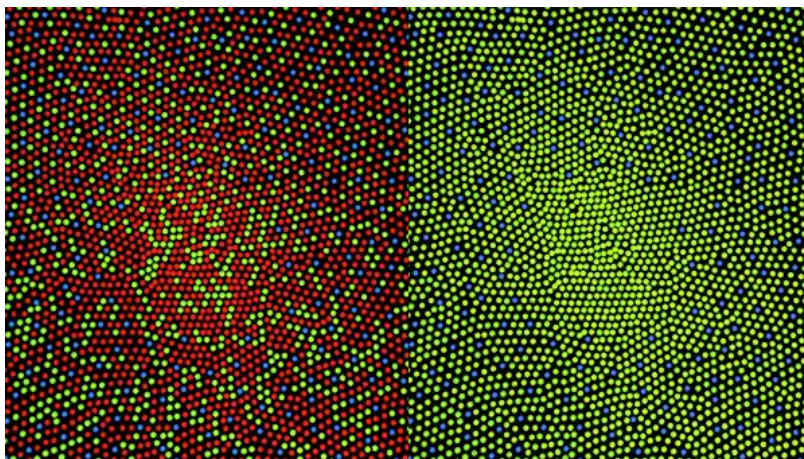
Barevné vidění oka

Na sítnici se nachází dva typy světločivných (na světlo reagujících) buněk – tyčinky a čípky.

Čípky dělíme na 3 druhy – L-čípky citlivé nejvíce na zelenožlutou barvu (■), M-čípky citlivé nejvíce na zelenou barvu (■) a S-čípky citlivé nejvíce na modrofialovou barvu (■).

U čípků rozlišujeme dva druhy vad. Jednou z nich je **-anomálie**, při které je jeden z čípků „naladěný“ na trochu jinou barvu a mozek tím pádem špatně rozlišuje určité barvy. Druhá je **-anopie**, při které jeden druh čípků zcela chybí (viz obrázek 1).

Podle toho, který z čípků je postižen rozlišujeme **prot-** (pro L-čípek), **deuter-** (pro M-čípek) a **trit-** (pro S-čípek). Můžeme tak hovořit například o protanopii, při které chybí L-čípek, nebo tritanomálii, při které je S-čípek „naladěný“ na jinou barvu. Extrémním případem je achromatopsie, při kterém chybí dva čípky a jedinec nerozeznává barvy vůbec.



Obr. 1: Rozložení čípků na sítnici (také sítnicová mozaika čípků) v okolí žluté skvrny u zdravého jedince (vlevo) a jedince s protanopií (vpravo). Všimněme si i skutečnosti, že je žlutá skvrna velmi chudá na S-čípek u obou jedinců. Obrázek je pouze ilustrační a barvy čípků a jejich počet neodpovídá skutečnosti. L-čípky jsou zde vyznačeny červenou barvou, M-čípky zelenou a S-čípky modrou barvou, aby se daly snadno rozlišit.

Úkol 1: Nasycení čípků

1. Nasad'te si brýle s červeným a tyrkysovým filtrem místo sklíčků. Poznamenejte, na kterém oku máte jaký filtr:

Levé oko:

Pravé oko:

2. Přečtete si s brýlemi text psaný kurzívou níže, který vysvětluje podstatu tohoto experimentu.

Aby nebyl mozek přetěžován neustálým proudem informací, začne po určité chvíli ignorovat neměnní se signály. Běžně toto pozorujeme u sluchu (např. že se nám nezdá být hlasitá hudba příliš hlučnou), čichu (např. že přestaneme na sobě cítit vlastní voňavku), ale i zraku.

Zatímco máte na očích brýle s filtry, dochází k tomu, že do oka s červeným filtrem dopadá téměř jenom červené světlo, čímž se nasycuje hlavně L-čípek. Do druhého oka naopak téměř neprochází červené světlo, takže v něm se nasycuje hlavně M-čípek a S-čípek.

3. Po dočtení pokynu si sundejte brýle a dívejte se střídavě pouze levým a potom pouze pravým okem na stěnu. Popište, do jakého odstínu byla stěna zbarvena.

Zbarvení při pohledu levým okem:

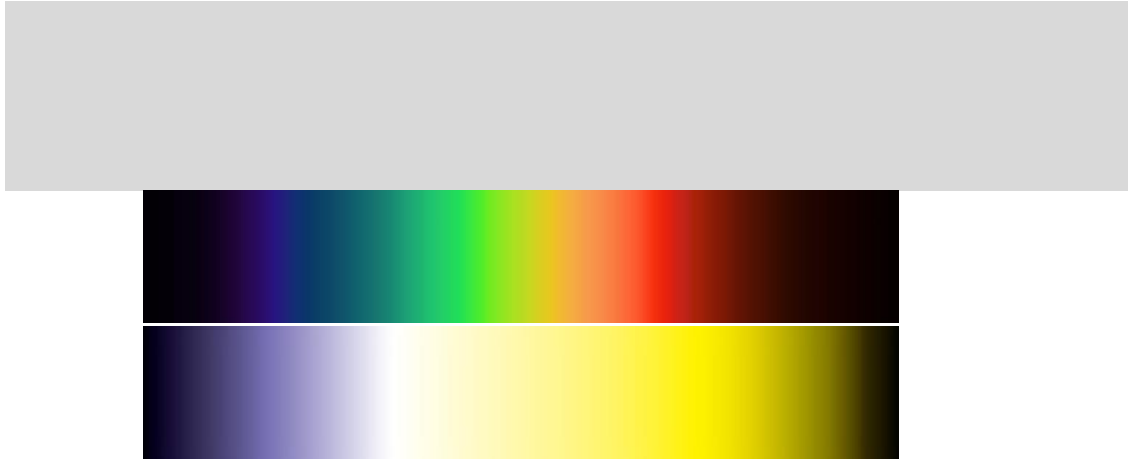
Zbarvení při pohledu pravým okem:

Okno s červeným filtrem mělo stěnu zbarvenu do odstínu tyrkysové, protože mozek začal potlačovat signál z L-čípků, ze kterých běžně přichází informace o červené barvě. Do mozku tedy začala přicházet čerstvá informace pouze z S-čípku a M-čípku, jejichž kombinaci mozek interpretuje jako tyrkysovou. Pro druhý filtr je situace obdobná.

Úkol 2: Zkoumání deuteranopie

Světlo dopadající do oka způsobuje vzruch (excituje) jednotlivých čípků různě, podle toho, jakou barvu světlo má. Applet, který běží na počítači, simuluje tuto situaci.

- Podívejte se na obrázek 2 níže, který ukazuje, jak vidí barevné spektrum zdravý člověk a deuteranop. Pokuste se slovně vystihnout hlavní rozdíly barevných spekter.

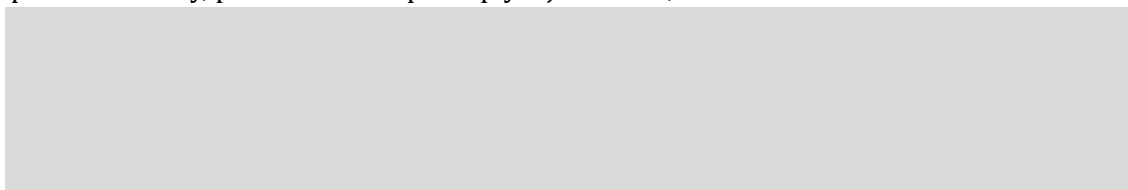


Obr. 2: Vnímání barev zdravým člověkem (nahore) a člověkem trpícím deuteranopií (dole)

- Na základě appletu určete, jak jsou různé čípky excitovány světlem červené, žluté, zelené, tyrkysové a modré barvy, a to jako u zdravého člověka, tak u člověka trpícího deuteranopií. Zapište tyto hodnoty do tabulky.

Barva	Červená			Žlutá			Zelená			Tyrkysová			Modrá		
	L	M	S	L	M	S	L	M	S	L	M	S	L	M	S
Čípek															
Zdravý člověk															
Člověk s deuteranopií		X			X			X			X			X	

- Zdravý člověk je schopný odlišit barvy tak, že se různě excitují různé čípky. Vysvětlete pomocí tabulky, proč deuteranopovi splývají červená, žlutá a zelená barva.



Úkol3: Simulování deuteranomálie

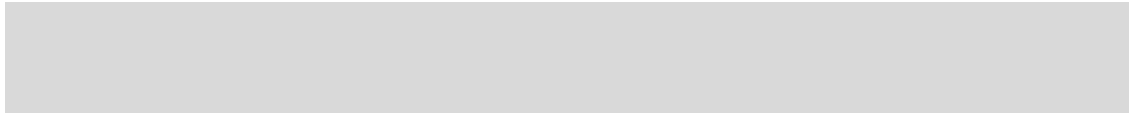
Postup

1. Na tabletu běží aplikace *Color Blind Pal*, která simuluje deuteranomálii. Pozorujte skrze ni své okolí (klidně se projděte po laboratoři, podívejte se ven skrze otevřená okna, atd.).
2. Popište, jak se barvy změnily.



Barvoslepost se opravuje speciálními brýlemi, které vyruší určité odstíny barev a díky tomu je mozek barvoslepeho schopný lépe rozlišovat dříve špatně rozlišitelné barvy. Naše brýle jsou určeny pro lidi trpící protanomálií nebo deuteranomálií.

3. Nasad'te si brýle a podívejte se na svět kolem sebe. Popište, jak se změnil barvy v okolí.



4. Brýle by měly pomoci lépe rozeznat odstíny růžové, červené a oranžové barvy od sebe. Podívejte se, s brýlemi skrze tablet a rozhodněte, jestli tomu tak skutečně je.

Závěr

Barvoslepi lidé obvykle nevidí žádné/některé barvy. Nejčastější typ barvosleposti je deuteranomálie, při které nerozeznávají

