



UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
3. LÉKAŘSKÁ FAKULTA



FN Královské Vinohrady/Oftalmologická klinika

Lukáš Huňa

Oční onemocnění a barevné rozlišování
Eye diseases and color discrimination

Diplomová práce

Praha, srpen 2009

Autor práce: Lukáš Huňa

Studijní program: Všeobecné lékařství s preventivním
zaměřením

Vedoucí práce: **MUDr. Jara Hornová, CSc.**

Pracoviště vedoucího práce: **Oftalmologická klinika
FN Královské Vinohrady**

Datum a rok obhajoby: 8.9.2009

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předkládanou práci zpracoval samostatně a použil jen uvedené prameny a literaturu.

V Praze dne 5.8.2009

Lukáš Huňa

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucí diplomové práce
MUDr. J. Hornové, CSc. za cenné rady a odborné vedení.

ÚVOD	6
1. HISTORIE	7
2. TEORIE BAREVNÉHO VIDĚNÍ	9
2.1 ELEKTROFYZIOLOGIE BAREVNÉHO VIDĚNÍ	9
2.3 BIOCHEMIE VIZUÁLNÍHO PŘENOSU	12
3. PORUCHY BARVOCITU	14
3.1 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA PORUCH BARVOCITU.....	14
3.2 KLASIFIKACE DLE STUPNĚ PORUCHY BARVOCITU	15
3.3 KLASIFIKACE DLE POSTIŽENÍ BARVY	15
3.5 TYPY ZÍSKANÝCH PORUCH BARVOCITU	16
3.5.1 Získané poruchy barvocitu u poruch transparence optických médií	17
3.5.2 Získané poruchy barvocitu u onemocnění sítnice.....	17
3.5.3 Získané poruchy barvocitu u onemocnění zrakového nervu	19
3.6 DIFERENCIÁLNĚ DIAGNOSTICKÉ PROBLÉMY PORUCH BARVOCITU	22
4. METODY VYŠETŘOVÁNÍ BARVOCITU	23
4.1 PIGMENTOVÉ TESTY	23
4.1.1 Pseudoisochromatické tabulky	23
4.1.2 Terčové testy	24
4.2 OPTICKÉ PŘÍSTROJE.....	26
5. CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE	28
6. TESTOVÁNÍ	29
6.1 SLEDOVANÝ SOUBOR PACIENTŮ.....	29
6.2 METODIKA	30
7. VÝSLEDKY	31
8. DISKUZE	36
9. SOUHRN	37
10. SUMMARY	38
11. ZÁVĚR	39
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	40
PŘÍLOHY	41

Úvod

Více než 100 let známe typické změny terče zrakového nervu a defekty zorného pole u nemocných s glaukomem. Přesto, že naše znalosti za tu dobu značně pokročily, přesná patogeneze této choroby stále zůstává záhadou. V současné době je v popředí zájmu snaha identifikovat takové testy zrakových funkcí, které by odhalily poškození nervových vláken ještě před ztrátou zorného pole. Takovou možnost nabízejí testy barvocitu, které byly použity v empirické části diplomové práce, kde byla zkoumána závislost poruch barvocitu na změnách zorného pole vzniklých v souvislosti s primárním glaukomem.

1. Historie

Otázky barvocitu a jeho podstaty zajímaly již řecké filozofy. Aristoteles (384-322) uvažuje o existenci dvou elementů, světla a tmy. Všechny barvy pak vznikají z míchání těchto dvou základních stavů. S příchodem Newtona se fyziologická optika stala vědou a byla vyslovena řada teorií, většinou čistě deskriptivních. Již Mariott (1681) předpokládal a Newton (1704) potvrdil, že všechny barvy mohou být vytvořeny ze tří jiných barev. Zouny, Helmholtz a Lomonosov v různých časových obdobích a nezávisle na sobě dospěli k názoru, že všechny barvy spektra lze vytvořit smíšením tří základních barev. To je podstatou trichromatické teorie barevného vidění, která předpokládá existenci tří typů receptorů v sítnici. Helmholtz předpokládal, že tyto mechanismy obsahují čípky sítnice a nervové impulsy ze všech těchto receptorů jsou analyzovány v CNS, čímž vzniká barevný vjem (9).

Spektrální barvy lze seřadit do barevného kruhu ve stejném pořadí, v jakém jsou ve spektru. Z tohoto uspořádání barev vypracoval svou teorii barevného vidění Hering. Rozlišuje tři dvojice základních barev zvaných prabarvy, červená a zelená, žlutá a modrá, bílá a černá. Pro vnímání těchto tří barev předpokládá existenci tří složek nerovných elementů sítnice. Barevný vjem je pak výsledkem nepřetržité asimilační a disimilační činnosti, která probíhá v těchto dvojicích.

Nová experimentální data potvrzují trichromatickou podstatu mechanismu barevného vidění. Osoba s normálním barvocitem dosáhne pomocí tří základních barev (červené,

zelené a modré) srovnání s jakoukoliv barvou viditelného spektra. I to je potvrzením tří základních druhů čípkových receptorů v lidské sítnici. V těchto receptorech byly zjištěny tři typy ftopigmetů, absorbujičích v různých částech spektra, erythrolabe - pigment absorbujičící převážně v červené části spektra, chlorolabe – pigment absorbujičící v zelené části spektra a cyanolabe – pigment absorbujičící v modré části spektra. Definitivně byl podán důkaz existence tří typů čípků v sítnici přímým spektrofotometrickým měřením absorpce světla jednotlivými čípký. Nejprve v sítnici ryb, později u opice a u člověka byly nalezeny v sítnici tři typy čípků s různými absorpčními maximy při 445, 535, 570 nm (9).

2. Teorie barevného vidění

2.1 Elektrofyziologie barevného vidění

Barevné vidění mají organismy s výlučně čípkovou sítnicí (např. drůbež) a organismy se smíšeným typem sítnice (ryby, opice, člověk). Maximální koncentrace čípků v lidské sítnici je v oblasti fovey a jejich počet klesá směrem k periférii sítnice. Určitá část nervových buněk přijímajících signály z čípků (tzv. C-horizontální buňky) má charakteristickou odpověď na různé složky barevného světla, označovanou jako S-potenciály. Tyto potenciály jsou představiteli typického kódu pro barvy, který se uplatňuje v celé zrakové dráze. Jedná se o tzv. oponentní princip kódování. Například červená barva způsobí hyperpolarizaci, barva oponentní, čili zelená, způsobí depolarizaci membránového potenciálu buňky. Je to tzv. Č-Z systém (v anglosaské literatuře Red-Green Systém). Druhý typ systému oponentních horizontálních buněk je systém žluté a modré (Blue-Yellow Systém). Informace ze tří typů čípků je převedena na kód nervového systému, tzn. na hyperpolarizaci a depolarizaci. Ve vyšších stážích se tento kód převádí na inhibiční a excitační mechanismy v místech přenosu děje akčními potenciály.

Objev oponentního systému kódování barev v nervových buňkách Svaetichinem v r. 1953 je uváděn v souvislosti s Heringovým postulátem oponentního systému červené-zelené, žluté-modré a černé-bílé. Analýzy barev a barevné vstupy čípků byly prokázány v gangliových buňkách sítnice ryb a opic. Princip oponentního kódování je zachován i na této úrovni. Kódování barev v aktivitě gangliových buněk sítnice není dosud definitivně rozřešeno. Pro mechanismus oponentní odpovědi jsou důležité

vlnové délky světla, při kterých vzájemný efekt čípků je maximálně odlišný. Tzn., že maximální excitace při dráždění červenou barvou není při 570 nm, kde je maximální spektrální citlivost čípků pro červenou barvu, ale při 640 nm, kdy je rozdíl v excitačním a inhibičním působení čípků pro červenou a zelenou maximální. Nerozřešeny jsou zatím vstupy neuronů, reagujících na žlutou složku spektra. V další etáži zrakové dráhy, v corpus geniculatum laterále, jsou základní typy odpovědí stejné jako v sítnici, tedy oponentní systém Č-Z a Ž-M vázaný na systém centrum – periferie a odpověď na začátek a konec osvětlení. Korové neurony citlivé na barvu se nacházejí hlavně v oblasti area teista. Rozdělení na dva typy oponentních buněk zůstává zachováno i v kůře mozkové (8).

V rozmezí vlnových délek viditelného světla lze rozlišit množství monochromatických barev. Barvy se velmi málo vyskytují jako monochromatické, obvykle jde o část barevného spektra nebo o směs světla různých vlnových délek. K přesnější definici každé barvy přispívají následující atributy. Jednak jsou to fyzikální pojmy, definující charakteristiku světelného stimulu, jednak pojmy, mající subjektivní charakter a zabývající se podstatou vnímání barev. Všechny tyto pojmy lze uspořádat tak, že každá vlastnost barvy je určena fyzikálním i subjektivním přívrstvem. Vlnové délce stimulu odpovídá určitý odstín barvy jako subjektivní vjem. Spektrální barvy se od sebe liší vlnovou délkou čili odstínem.

Další dvojice pojmů – čistota a sytost barvy (sytost charakterizuje barevnost barevného počítka) referují o množství bílého světla smíšeného s barvou. Tyto hodnoty se udávají v procentech. Všechny spektrální barvy mají 100 % sytost,

opakem je bílá s nulovou sytostí. Přechodné barvy (např. světlezelená, světločervená) mají různou sytost v rozsahu 0 až 100 %.

Třetí dvojice pojmů – světelnost stimulů a jas barvy – vystihuje intenzitu zrakového počítku. Lze ji charakterizovat přiřazením dané barvy ke stejné světlé šedé ploše, tzn. ploše bez barevného tónu. Bílá nebo černá mohou být smíchány s kteroukoliv barvou, aby změnila její jas. Dvě barvy stejného odstínu a sytosti se mohou lišit jasnem v závislosti na jejich relativní příměsi bílé nebo černé.

Míšením dvou barev vznikne další barevný odstín v závislosti na tom, jak jsou obě barvy od sebe vzdáleny ve spektru a jak jsou intenzivní. V zásadě je možné získat každý barevný odstín smíšením tří základních primárních barev, a to barvy červené, zelené a modré.

Fotochromatický interval je rozdíl mezi prahovou hodnotou detekce světla a prahem pro danou barvu. Každá barva ve spektru má odlišnou prahovou hodnotu. Fotochromatický interval se mění s vlnovou délkou, je nejdelší pro červenou barvu, nejkratší pro modrou a v jeho rozsahu je barevná odpověď monochromatická.

Purkyňův fenomén znamená, že při zvyšování intenzity světla nad prahovou hodnotu se objevují barvy postupně od krátkovlnného do konce spektra k dlouhovlnnému. Při snižování osvětlení dochází k posunu od zelené k modrozelené a další vlnové délky se stanou achromatické.

Jas paprsků, které vstupují do oka při okraji zornice a dopadají na sítnici pod šikmým úhlem, a jas paprsků procházejících centrem zornice a dopadajících kolmo na sítnici, se výrazně liší. Paprsky v centrální části vyvolávají intenzivnější vjem jasu. Fenomén byl nazván Stilea-Crawfordovým efektem prvního řádu. Příčinou efektu je rozdílný vliv paprsků dopadajících na čípky sítnice kolmo a šikmo. Paprsky procházející středem zornice a kolmo dopadající na sítnici mají vyšší účinnost ve fotochemických reakcích čípků. Tento efekt je omezen pouze na čípky, v periférii sítnice, tento účinek pozorován nebyl. Čípková podstata efektu je také příčinou toho, že monochromatické paprsky dopadající na sítnici pod různými úhly mění svou barvu. Tento jev je nazýván Stilea-Crawfordovým efektem druhého řádu (3, 8).

2.3 Biochemie vizuálního přenosu

Vizuální přenos zahrnuje tři procesy a to fotochemický, biochemický a elektrický. Fotoreceptorové buňky oka jsou tyčinky a čípky. Každý ty má zploštělé disky, které obsahují fotoreceptorový pigment. Tento pigment je rhodopsin v tyčinkách a červený, zelený a modrý pigment v čípcích. Rhodopsin je transmembránový protein s prostetickou skupinou 11-cis-retinal. Rhodopsin bez 11-cis-retinalu je opsin. Podstata biochemického procesu je, že pronikající foton způsobí izomerizaci 11-cis formy na all-trans formu retinalu. Tato izomerizace způsobí konfirmační změny proteinu a tím ovlivní klidový membránový potenciál buňky. Výsledkem je elektrický signál přenášený pomocí optických nervů do mozku.

11-cis-retinal je odvozen od vitamínu A. Rozštěpením beta-karotenu získáme dvě molekuly all-trans-retinalu. Ten je pak izomerizován v epitelové vrstvě sítnice na retinol. Oxidace retinolu na retinal probíhá ve vnějším segmentu.

Zjednodušeně lze říci, že foton, který dopadl na sítnici způsobí změnu rhodospinu na aktivní, který disociuje na opsin a na all-trans-retinal, který je enzymaticky přeměněn na retinol. Tyto děje probíhají ve vnějším segmentu. Reakcí opsinu a retinalu vzniká nový rhodopsin a cyklus se může opakovat.

Elektrický signál je dán změnou elektrického klidového membránového potenciálu, který činí u fotoreceptorových buněk -30mV. Tento potenciál je tvořen koncentrací sodných kationů intracelulárně. Důležitou roli hrají také vápenaté kationy, které vstupují do buněk tyčinek a čípků ve tmě. Během cyklu jednoho fotonu se výrazně mění koncentrace obou kationů a působí tak vznik elektrického signálu, který jde optickou drahou do cílové struktury, kterou je šedá kůra mozková a to konkrétně primární a sekundární zraková korová oblast. Tato oblast je na mediální straně okcipitálního laloku v sulcus calcarinus (4).

3. Poruchy barvocitu

3.1 Obecná charakteristika poruch barvocitu

Získané poruchy barvocitu jsou časté, i když frekvence jejich výskytu není obecně hodnocena. Jako všechny funkce oka, i barvocit je postižen mnoha chorobami a také fyziologickými jevy jako je stárnutí. Jen zřídka jsou získané poruchy barvocitu tak jasné, jako dědičné defekty. Často pacienti se stejným onemocněním mají různé typy defektů barvocitu v závislosti na stadiu onemocnění a typu vyšetřovací metody. Rovněž je nutno brát v úvahu psychologické variability. Závažnost a stupeň defektu se mohou měnit v závislosti na aktivitě procesu. Může být jednostranný nebo lokalizován jen v části zorného pole. Nálezy u získaných poruch barvocitu jsou přínosem v našem diagnostickém a prognostickém úsilí. Obecně platí, že pacienti se získanými defekty barvocitu nejsou tak citliví na difference jasu, jako jednotlivci s vrozenými defekty barvocitu. Kromě toho nevnímají barevný kontrast tak, jako jedinci s vrozenou protanomálií nebo deuteranomálií, kteří jsou v tomto ohledu přecitlivělí. Tato skutečnost může být považována za specifickou známku získaných defektů barvocitu. Obvykle mají nemocní se získanými poruchami barvocitu i jiné funkční změny. Některá oční onemocnění vedou k získané poruše barvocitu ještě dříve, než se objeví zhoršení jiných funkcí. Intoxikace nebo degenerace postihují obvykle obě oči. U degenerativních onemocnění může být barvocit alterován již v dětství, takže u takového jedince se nerozvinula normální barevná percepce. V těchto případech je velmi obtížné až nemožné odlišit, zda se jedná o vrozenou nebo získanou poruchu barvocitu (2).

3.2 Klasifikace dle stupně poruchy barvocitu

Podle tohoto hlediska dělíme defekty barvocitu na anomální trichromazie, dichromazie a monochromazie. Anomální trichromati vykazují úchylku v normální skupině trichromatů (lidí s normálním barvocitem), protože mají rovněž tři typy receptorů pro tři základní barvy. Tyto tři typy receptorů jsou však používány v jiném poměru, než u normálních trichromatů. Dichromati mají jen dva typy receptorů, ze kterých jsou schopni vytvořit všechny barvy viditelného spektra a jeden nebo více neutrálních bodů ve svém spektru mohou srovnat s daným bílým světlem. Znamená to, že mají barevný systém spíše bivalentní než trivalentní. Monochromati nemají žádnou rozlišovací schopnost pro barvy a jakákoliv barva s volitelným jasnem jim stačí ke srovnání s kteroukoliv barvou viditelného spektra. Tento typ poruchy barvocitu dělíme do dvou typů. Typický monochromat (tyčinkový monochromat) má jen skotopickou křivku citlivosti, bývá přítomen i nystagmus, fotofobie a snížená zraková ostrost, atypický monochromat (čípkový monochromat) má křivku fotopickou i skotopickou, předpokládá se, že defekt je způsoben dvojitým dichromatickým fenoménem, což není dosud potvrzeno. Tato vada je extrémně vzácná, je spojena s normální zrakovou ostroší, není přítomen nystagmus ani fotofobie (2, 8).

3.3 Klasifikace dle postižení barvy

Poruchy barvocitu lze klasifikovat do tří skupin. Podle toho, která základní barva je defektně vnímána, jedná se o poruchy typu protan, deutan a tritan. Každá skupina zahrnuje poruchy typu anomální trichromazie i dichromazií. Označení protan, deutan a tritan defekty bývají často používány k označení jak

trichromatů, tak dichromatů. Anomální trichromati by neměli být považováni za mezistupeň monochromazie a dichromazie, neboť nepodléhají stejným zákonům dědičnosti.

Protanové a deutanové si pletou červenou, zelenou a žlutou barvu, což jsou vlnové délky spektra, v nichž mají tyto osoby zhoršené rozlišování barev. Protan a deutan defekty jsou charakterizovány abnormalitami ve vnímání červené a zelené barvy. U protanů je fotopická křivka abnormální a vykazuje depresi v oblasti červené, její vrchol je posunut z 550 nm na 540 nm, u deutanů je křivka citlivosti pro barvy normální. Protanopové tvoří všechny barvy směsí zelené a modré a neutrálním bodem na vlnové délce 495 nm a jsou necitliví na červené světlo. Deutanopové nejsou necitliví na zelenou, ale mohou tvořit všechny barvy z červené a modré, s neutrálním bodem u 500 nm.

Tritanopie je extrémně vzácným defektem, je charakterizována určitou necitlivostí k modré barvě a sníženým rozlišováním odstínů modré a modrozelené. Tritanopové tvoří barvy z červené a zelené, s dvěma neutrálními body, jeden ve žluté části spektra a druhý v zelené části spektra (8).

3.5 Typy získaných poruch barvocitu

V souvislosti se získanými poruchami barvocitu označujeme zjištěné poruchy na protan, deutan, tritan defekty pro jejich podobnost s těmi, které nacházíme u vrozených poruch barvocitu. Dále jsou popsány defekty barvocitu v anatomické posloupnosti zrakové dráhy, protože často můžeme určit pomocí objektivních nálezů tkáně, které jsou postiženy.

3.5.1 Získané poruchy barvocitu u poruch transparence optických médií

Optická média působí jako optické filtry. Onemocnění rohovky neovlivňuje barvocit žádným způsobem. Mnohem větší význam mají pomalé a postupné změny barvy čočky v závislosti na věku. Čočka se stává více žlutou, čímž brání krátkovlnnému světlu stimulovat sítnici. Protože tyto změny postupují pomalu, staří lidé si neuvědomují změnu ve vnímání barev. Krev ve sklivci způsobí nejen zhoršení zrakové ostroty, ale pacient má také pocit červeného filtru před postiženým okem.

3.5.2 Získané poruchy barvocitu u onemocnění sítnice

Při postižení sítnice se často objevují poruchy charakteru tritan defektů. Tato tendence je nazývá pravidlem Kellnerovým, který první upozornil na spojení onemocnění sítnice a tritan defektů. Nejruznější typy chorob sítnice mohou být příčinou takovýchto tritan defektů, např. zánětlivá a degenerativní onemocnění, intoxikace a odchlípení sítnice. Funkční defekt je obvykle nazýván jako necharakteristický, protože není specifický pro jednotlivá onemocnění. Někdy může vyšetření barvocitu potvrdit diagnosu časně chlorochinové terinopathie nebo difusní pigmentové degenerace sítnice sine pigmento. Pacienti se získanými poruchami barvocitu mají obtíže při čtení pseudoisochromatických tabulek, i když jsou tabulky sestaveny hlavně pro zjištění defektů barvocitu v oblasti červené a zelené barvy. Chyby však nejsou stejné jako u kongenitálních poruch barvocitu.

V případě tritan defektů u získaných poruch barvocitu jsou nejvýhodnější a nejpřesnější Farnsworthovy testy. Nejpřesnější údaje lze obdržet, jestliže zjistíme barevnou diskriminaci v celém spektru. U nemocných se získanou poruchou barvocitu nacházíme sníženou schopnost odlišit různé vlnové délky, zvláště v oblasti modrého konce spektra. Tato redukce citlivosti v oblasti celého spektra vysvětluje obtíže při čtení pseudoisochromatických tabulek. Často je barvocit tak porušen, že výsledky testů korespondují s výsledky osob s dědičnou dichromatopsií. Tito jednotlivci jsou schopni vytvořit každou vlnovou délku spektra smícháním pouze dvou vybraných barev. Podstata tohoto jevu je však jiná u dědičných a jiná u získaných poruch barvocitu. U dědičných forem dichromatopsie jsou takové výsledky interpretovány tím, že existují pouze dva typy pigmentů, které jsou v čípcích aktivní. U pokročilých případů získaných poruch barvocitu jsou všechny barvy vnímány jako málo syté.

Poškození tyčinek i onemocnění sítnice je často provázenou sníženou adaptací na tmou. Získané tritan defekty však mají i nemocní s normálním průběhem adaptace na tmou a normálním ERG. Předpokládá se, že receptory pro krátkovlnné spektrum jsou více propojeny než jiné čípky. Je-li poškozena jedna buňka, může dojít k poškození celé skupiny retrográdní degenerací. Je-li zvláště postižena makulární oblast sítnice, nacházíme více vyjádřené protan defekty (protan-like). U centrální serosní retinopathie jsou nálezy na Nagelově anomaloskopu zcela charakteristické. Částečný posun k dlouhovlnné části spektra a rozsah vyrovnání umožňují přesně sledovat a určit zlepšení či zhoršení průběhu onemocnění. V takových případech

Farnsworthův test ukáže tritan defekt jako u jiných retinálních onemocnění.

Zvláštní nálezy jsou u juvenilní makulární degenerace. Odpovědi takto postižených osob na Nagelově anomaloskopu často nemohou být odlišeny od osob s dědičnými defekty. U pokročilých stavů jsou výsledky stejné jako u osob s achromatopsií. Vysvětlení je takové, že čípky citlivé na dlouhovlnnou část spektra jsou také odpovědné za vjem jasu. Jsou-li poškozeny, je zkráceno viditelné spektrum na svém konci s delší vlnovou délkou a maximum křivky jasu je posunuto jako u protanopie nebo dokonce jako u achromatopsie. Pouze v periférii sítnice zůstává spektrální citlivost v normálním rozsahu. Bude-li u tohoto pacienta provedena perimetrie, bude přítomen rozsáhlý centrální skotom pro jasný a velký červený stimulus. Osoba s kongenitální achromatopsií však nebude schopna vidět toto světlo ani v periférii sítnice (8, 9).

3.5.3 Získané poruchy barvocitu u onemocnění zrakového nervu

Onemocnění zrakového nervu vede k získané poruše barvocitu v oblasti červené a zelené barvy. To znamená, že se jedná o získané deutan defekty barvocitu. Křivka jasu má stejnou relativní distribuci jako u normálních osob, ale barvy jsou vnímány tímto nemocným jako tmavší. U těchto pacientů, mají-li centrální skotom, je důležité zachování fotopických podmínek. Jinak je posun křivky jasu způsoben adaptací na tmu. Výsledky pseudoisochromatických tabulek a Farnsworthových testů mohou být podobné jako u osob s dědičnými defekty v oblasti červené a zelené barvy. Rozlišení barevných odstínů u pacientů a

postižením zrakového nervu vykazuje snížení ve středu spektra (kolem 530 nm), a to značné. Získané poruchy barvocitu u atrofie zrakového nervu nejrůznější etiologie vykazují stejný typ získané poruchy barvocitu. Etiologicky se uplatňuje trauma, zánět, intoxikace nebo tumor. Místo defektu nemá vliv na funkční změnu. Charakter získané poruchy barvocitu není ovlivněn místem, kde došlo k poškození nervových vláken, tzn. je stejný při poškození vláken zrakového nervu v chiasmatu, nebo před vstupem do corpus geniculatum. Dokonce přerušení zrakové dráhy na vyšší stáži může být příčinou stejného typu získaného defektu barvocitu. Zdá se, že defekty barvocitu jsou závislé na defektech zorného pole. Defekt barvocitu je nejvýraznější v oku, kde byl postižen makulopapilární svazek (např. retrobulbární neuritida, Laberova atrofie optiku). Aby vznikl vjem barvy, musí být stimulován značný počet receptorů. Dokonce i osoba s normálním barvocitem nemůže rozeznat určitou barvu, je-li stimulus příliš malý, nebo je krátká jeho expoziční doba. U nemocných s postižením zrakového nervu je přerušena značná část nervových vláken. Jen málo z nich je schopno předat odpověď z receptorů na vyšší stáž zrakové dráhy. Je-li stimulovaná oblast dosti velká, nebo jsou integrovány odpovědi z dostatečného množství čípků, je barva vnímána. U oko s centrálním skotomem v důsledku atrofie optiku zjišťujeme v makulární oblasti podobné podmínky, jaké nalézáme v periférii sítnice oka s normálním barvocitem. Je to podmíněno patologickou funkcí čípků, které se liší od normální makuly. Někteří pacienti s pokročilým onemocněním zrakového nervu jsou schopni rozlišit jen dvě barvy. Jako osoby s kongenitální dichromatopsií, získají všechny barvy spektra smícháním dvou barev vybraných z různých částí spektra.

Tyto výsledky jsou důkazem silně sníženého rozlišování odstínu a sytosti barev. Jen zřídka je provázena traumatická atrofie optiku koncentrickým zúžením zorného pole. Je-li však přítomen takový defekt zorného pole, bývá spojen s tritan defektem barvocitu.

U skupiny pacientů s glaukomatozní atrofií zrakového nervu jsou změny zorného pole provázeny získanými defekty barvocitu ve smyslu tritan defektů. Bylo zjištěno snížení citlivosti v krátkovlnné části spektra, která je netypická u onemocnění zrakového nervu, ale je obvyklá u onemocnění sítnice. To platí zvláště pro pacienty s edémem papily (8, 9).

3.6 Diferenciálně diagnostické problémy poruch barvocitu

Získané poruchy barvocitu jsou velmi časté a mohou napodobovat kongenitální defekty barvocitu. Liší se od nich obvykle monokulárním výskytem a tím, že mohou být přítomné jen v části zorného pole. Schopnost rozlišování barev je u získaných defektů ovlivněna velikostí barevného podnětu, osvětlením a expozičním časem. Získané defekty barvocitu jsou spojeny s poruchami jiných zrakových funkcí, jako je zraková ostrost, zorné pole, adaptace na tmou a vykazují progresi nebo regresi poruchy barvocitu v závislosti na základním onemocnění. Nejčastějším typem získaného defektu jsou tritan defekty. Při vyšetřování získaných poruch barvocitu je nutno vždy použít několik vyšetřovacích metod, například pseudoisochromatické tabulky, Nagelův anomaloskop a Farnsworth-Munsell 100-hue test, které se vzájemně doplňují a pokrývají celou škálu získaných defektů barvocitu. Vždy je nutno mít na mysli, že získané poruchy barvocitu mají zcela odlišný původ než vrozené defekty barvocitu.

4. Metody vyšetřování barvocitu

Metody vyšetření barvocitu můžeme rozdělit na simplexní a komplexní. Mezi simplexní patří například Holmgrenovy bavlnky, užívané k porovnání různých barevných odstínů. Tyto metody slouží přímo k detekci schopnosti rozlišení barev. Komplexní metody zahrnují testy prováděné na složitých optických přístrojích a na pigmentových testech. Pigmentové testy zahrnují pseudoisochromatické tabulky a testy, složené z barevných terčů. Jejich barevná kvalita je závislá na osvětlení, které je u většiny testů specifikováno.

4.1 Pigmentové testy

4.1.1 Pseudoisochromatické tabulky

Pseudoisochromatické tabulky jsou v klinické praxi používány nejčastěji. Jsou založeny na tom, že pro oko s poruchou barvocitu má neobyčejný význam jas barevného objektu. Stupnici jasu vnímá dichromat stejně jako trichromat. Zdravý trichromat se zaměřuje hlavně na barvu objektu. Dichromat, který nemůže barvy vidět, určuje barvu podle jejího odstínu. Jako teoretický základ této metody slouží skutečnost, že trichromat vnímá maximum jasu pro různé barvy spektra v jiných vlnových délkách než dichromat či monochromat. Druhý teoretický základ spočívá v tom, že dichromat má ve spektru barev neutrální pásmo, v důsledku čehož vnímá barvy jako stejné, na rozdíl od trichromata, který je vnímá rozdílně. Na těchto poznacích jsou založeny jednotlivé tabulky se znaky v různých barvách a odstínech. K tabulkám patří podrobný návod

jak správně odečítat výsledky. Oko s fyziologickou percepcí barev dokáže korektně odečíst objekt, znak či číslici, zatímco oko s poruchou barvocitu odečte jiný znak nebo znak vůbec nerozezná. V některých tabulkách jsou vloženy číslice, které vidí pouze osoby s poruchou barvocitu. Dnes je známo mnoho druhů tabulek od různých autorů. Mezi nejznámější patří například Rabkinovy tabulky, které jsou určeny pro rozlišení trichromatů od osob s defekty v oblasti červené a zelené barvy. Nevýhodou pseudoisochromatických tabulek je nemožnost kvantifikace poruchy (1, 7).

4.1.2 Terčové testy

Farnsworth-Munsell 100 Hue test (dále FM test) je metoda pro testování barevného rozlišování. FM test je citlivý a přesný test pro vyšetření kongenitálních a získaných defektů barvocitu. Test je složen ze standardních 85 terčů, na nichž jsou umístěny Munsellovy barevné disky. Barvy těchto disků jsou vybrány z Munsellova barevného systému, který obsahuje více než 1200 vzorků. Každá barva FM testu je charakterizována konstantním jasnem, odstínem a sytostí. Barevné terče FM testu složené ve správném pořadí tvoří stupnici od červené k modré barvě. Test je sestaven tak, že 85 barevných terčů je rozděleno do čtyř boxů. Barevné odstíny v každém boxu tvoří čtvrtinu barevného kruhu. Každý box má dva fixní terče na každém konci krabice a 21 barevných terčů, se kterými je možno pohybovat a přemísťovat při provádění testu. Úkolem vyšetřované osoby je seřadit barevné terče náhodně rozmístěné vyšetřujícím v každém boxu tak, aby mezi jednotlivými terči byl nejmenší zjistitelný rozdíl barevného odstínu a aby vznikla správná odstínová řada mezi dvěma krajními tzv. pilotními terči na každém konci boxu.

Tento úkol není časově omezen. Terče FM testu jsou ze spodní strany očíslovány, což umožňuje hodnocení výsledku testu. Pořadí terčů seřazených vyšetřovanou osobou se zapíše do předtištěného formuláře (viz. příloha č. 1).

Standardní metoda hodnocení FM testu se provádí výpočtem chybového skóre pro každý z 85 terčů určením rozdílu mezi daným terčem a dvěma sousedními. Celkové chybové skóre je dáno součtem chyb jednotlivých terčů. Ze zjištěných výsledků se potom provádí sestavení Farnsworthova grafu vynesáním jednotlivých chybových skóre do předtištěného kruhového diagramu. Jednotlivá chybová skóre jsou zakreslována proti směru hodinových ručiček od č. 1 k č. 85 (viz. příloha č. 6).

Verriest sestavil normativní tabulky celkového chybového skóre v závislosti na věku ve zdravé populaci. To umožňuje rozhodnout, zda zjištěná hodnota celkového chybového skóre je v dané věkové skupině patologická nebo ještě v mezích normálních hodnot, navíc s udáním hladiny významnosti daného celkového chybového skóre. Jsou zde také uvedeny odmocniny celkového chybového skóre se směrodatnou odchylkou, které jsou výhodné pro statistické zpracování.

FM test umožní zjistit osoby s defektním barvocitem a určí typ poruchy. Zároveň umožní rozdělit osoby s normálním barvocitem do skupin s vysokou, střední a nízkou schopností barevného rozlišování. Je jedním z nejdůležitějších testů pro diagnostiku získaných poruch barvocitu (1).

Lanthonyho desaturovaný 15 Hue test se skládá z 16 terčů. Barvy těchto terčů jsou desaturované. To znamená, že je záměrně snížena jejich barevná sytost. Jeden terč v boxu je fixní a úkolem pacienta je seřadit, podobně jako je tomu u FM testu, terče tak aby mezi sousedními terči byly co nejmenší odchylka v barevném odstínu. Terče jsou ze spodní strany označené čísly, takže se dá výsledek testu velmi rychle odečíst. Pořadí terčů seřazených vyšetřovanou osobou se zapíše do předtištěného formuláře (viz. příloha č. 2). Následně se spojí čísla terčů do jedné linie, tak jak je pacient seřadil. V případě bezchybného vyhotovení testu bude linie plynulá bez přeskokování čísel (viz příloha č. 5). Pokud ovšem pacient seřadil terče chybně, vznikne obrazec, který odpovídá míře poškození u pacienta (1).

Farnsworth-Munsell D 15 je obdobou výše zmíněného. Je složen z patnácti terčů, které se liší barevným odstínem. Tento test je možno použít i při snížené zrakové ostrosti, protože barevné terče jsou poměrně velké.

4.2 Optické přístroje

Mezi nepoužívanější optické přístroje sloužící k měření barvocitu v klinické praxi patří Nagelův anomaloskop. Je určen k odlišení defektu barvocitu v oblasti červené a zelené barvy a zjišťuje rozsah defektů. Jedná se o spektrální přístroj, kde v kruhovém poli, rozděleném na dvě poloviny, srovnáváme čistou spektrální žlutou barvu vlnové délky 589 nm proměnlivého jasu dolní části proti směsi barev horní části kruhového pole. Tuto směs tvoří červená barva a zelená barva. Poměr barev ve

směsi lze měnit kalibračním šroubem. Vyšetřovaná osoba nastavuje pomocí těchto šroubů jas dolní poloviny kruhového pole a poměr obou barev v dolním poli tak dlouho, až vidí celé kruhové pole stejně žluté. Směs červené a zelené dává pro zdravého trichromata žlutou barvu. Dichromat srovná jakékoliv nastavení žluté v horním poli změnou jasu žluté barvy v dolní polovině kruhového pole. Rozdíl mezi protanopem a deuteranopem je dána jasnem žluté barvy, použitým ke srovnání s červenou. U protanopa se červená jeví jako tmavá barva, a proto protanop vybere žlutou s nižším jasnem, deuteranop vybere žlutou s vyšším jasnem, podobnou té, kterou vybírají i osoby s normálním barvocitem. U anomálních trichromatů, v případě protanomálie, obsahuje horní polovina kruhového pole příliš mnoho červené, u deuteranomálie, příliš mnoho zelené. Výsledek vyšetření se udává kvocientem anomálie, který dovoluje srovnání výsledků u různých typů přístrojů.

Nagelův anomaloskop nemůže zachytit tritan defekty, z toho důvodu ho lze použít při vyšetřování získaných defektů barvocitu jen omezeně. Anomaloskop pouze zjistí, zda je nebo není zkráceno spektrum ve vyšších vlnových délkách u dané osoby a jak je vyšetřovaný citlivý na různé odstíny v rozsahu žluté části spektra. Další vyšetřovací metody jsou časově náročné, mají vysokou přesnost výsledků, ale pro běžné klinické účely jsou nevhodné. Patří k nim např. Helmholtzův spektrální aparát (6).

5. Cíl diplomové práce

Cílem této práce je srovnat citlivost dvou metod testování poruch barvocitu u pacientů se získaným glaukomem. Jedná se o test Farnsworth-Munsell 100 Hue a Lanthony desaturovaný 15 Hue test. Dále bylo zkoumáno, zda změny zorného pole u glaukomu korelují u jednotlivých pacientů s dosaženým skóre ve výše jmenovaných testech.

6. Testování

6.1 Sledovaný soubor pacientů

Testování pacienti byli z glaukomové poradny As. Hornové na oční klinice FNKV. Všichni pacienti byli léčeni pro glaukom s různým stupněm poruchy zorného pole. Soubor byl tvořen 11 pacienty, z čehož bylo 8 mužů (72,73 %) a 3 ženy (27,27 %). Byly hodnoceny zrakové funkce obou očí. Při výběru pacientů byl kladen důraz na rozdílnost poruchy zorného pole u pacientova levého a pravého oka. U pacienta č. 1 bylo vyšetřováno pouze jedno oko, a to pro vysoký stupeň poškození jeho zorného pole u druhého oka. Studovaný soubor tvoří 21 očí u kterých nebyla zjištěna další oční patologie, která by výrazněji ovlivňovala barvocit. Složení souboru podle věku a podle pohlaví zobrazuje tabulka č.1.

Tabulka č. 1

Pacient	Pohlaví	Věk
1	M	43
2	M	80
3	Ž	54
4	Ž	62
5	M	93
6	M	72
7	M	44
8	M	55
9	M	52
10	M	83
11	Ž	49

6.2 Metodika

Testování probíhalo od 26.11.2008 do 6.5.2009 na oční klinice FNKV vždy ve středu v poledních hodinách, aby byly dodrženy stejné světelné podmínky. Testovali jsem vždy jednoho až dva pacienty během jednoho dne. Pacient seděl u stolu a prováděl daný test na vzdálenost 30 cm. Světlo přicházelo z jeho levé strany ze shora. Mezi testy se pacient díval na plochu neutrální barvy. Pacienti prováděli test monokulárně a to tak, že netestované oko bylo vždy zakryto mulovým čtvercem. Pokud pacient potřeboval korekci zraku do blízka, tak se test prováděl s brýlemi s příslušnými dioptriemi. Vždy se začínalo zdravějším okem a Lanthonyho testem. Poté následovalo oko více postižené. Po Lanthonyho testu se dělal test FM a testovalo se opět nejdříve oko zdravější. Během testování se průběžně zaznamenávaly výsledky pacientů do zhotovených dotazníků. Testování jednoho pacienta trvalo v rozmezí půl až jedné hodiny v závislosti na tíži onemocnění a věku.

7. Výsledky

Hodnocení FM testu se provádí výpočtem chybového skóre pro každý z 85 terčů určením rozdílu mezi daným terčem a dvěma sousedními. Celkové chybové skóre je dáno součtem chyb jednotlivých terčů. Bezchybnému vypracování testu odpovídalo skóre 0, kterého nedosáhl žádný pacient. Průměr hodnot dosaženého skóre byl 153,19 (31 - 693). U Lanthonyho testu se skóre počítalo jako součet rozdílů vždy mezi daným terčem a dvěma sousedními. Minimální rozdíl mezi dvěma sousedními terči byl 2. Bezchybnému vypracování testu odpovídalo u Lanthonyho testu skóre 30, kterého bylo dosaženo u 4 očí (19,05 %) a to vždy u oka s menší poruchou zorného pole. Ve výsledcích se uvádí pouze celkové chybové skóre nad normu, která je rovna 30. Průměr hodnot dosaženého skóre byl 27,5 (0, 103). K hodnocení stádia změn zorného pole byla využita klasifikaci dle Aulhornové v modifikaci podle Greveho a Geijssen. Klasifikace je uvedena v tabulce č. 2.

Tabulka č. 2 Klasifikace poruch zorného pole dle Aulhorna.

Stadium	Popis
0-1	Relativně malé glaukomatózní poruchy zorného pole s malou intenzitou 0,6-1.
1	Malé glaukomatózní poruchy zorného pole s intenzitou větší než 1.
2	Nekompletní NFBD*. (*defekt svazku nervových vláken)
3	Kompletní NFBD* nebo nekompletní NFBD* s nazálním skokem.
4	Kompletní NFBD* s nazálním skokem zasahujícím méně než jeden kvadrant.
5	Kompletní NFBD* s nazální lézí zasahující více než jeden kvadrant.
6	Temporální ostrůvek.

Hodnoty dosaženého skóre u obou testů a stupeň postižení zorného pole dle Aulhornové u jednotlivých očí (očí jsou řazeny dle stupně postižení, tak, že oko s menším poškozením je první) jsou uvedeny v tabulce č. 3.

Tabulka č. 3

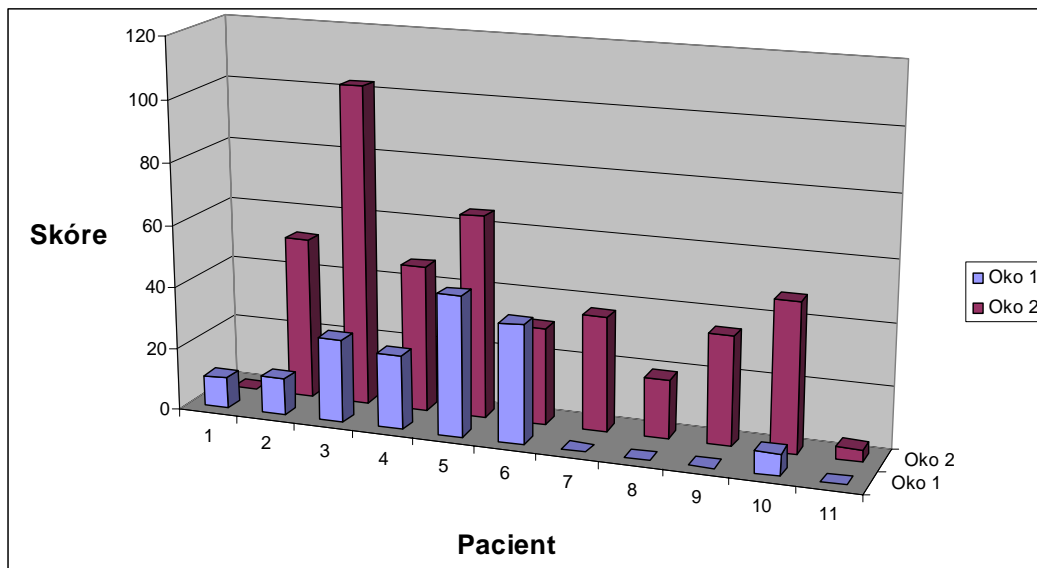
Pacient	Oko	Defekt ZP*	Lanthony	FM
1	1	3-4	12	118
	2	-	-	-
2	3	1	12	82
	4	5	52	344
3	5	1	27	79
	6	4	103	693
4	7	4-5	24	63
	8	5	47	77
5	9	4	45	295
	10	2	65	429
6	11	2-3	38	63
	12	3	31	127
7	13	0	0	99
	14	4	37	161
8	15	0	0	55
	16	3	19	108
9	17	1	0	67
	18	5	36	173
10	19	1	7	75
	20	5	48	183
11	21	3-4	0	31
	22	4	4	48

(* Zorné pole)

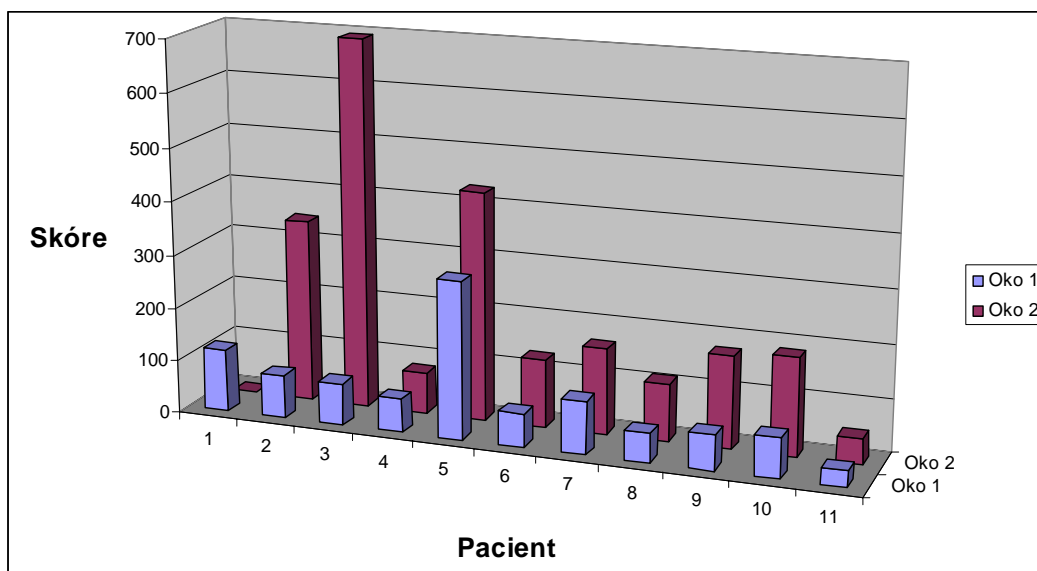
V grafu č. 1 můžeme vidět výsledky Lanthonyho testu pro jednotlivé pacienty. V grafu č. 2 vidíme výsledky pro Farnsworth-Munsell test.

Oko s nižším stupněm poruchy zorného pole je vždy označeno jako oko 1 a oko s horším stupněm jako oko 2.

Graf č. 1 - Lanthonyho D 15 test

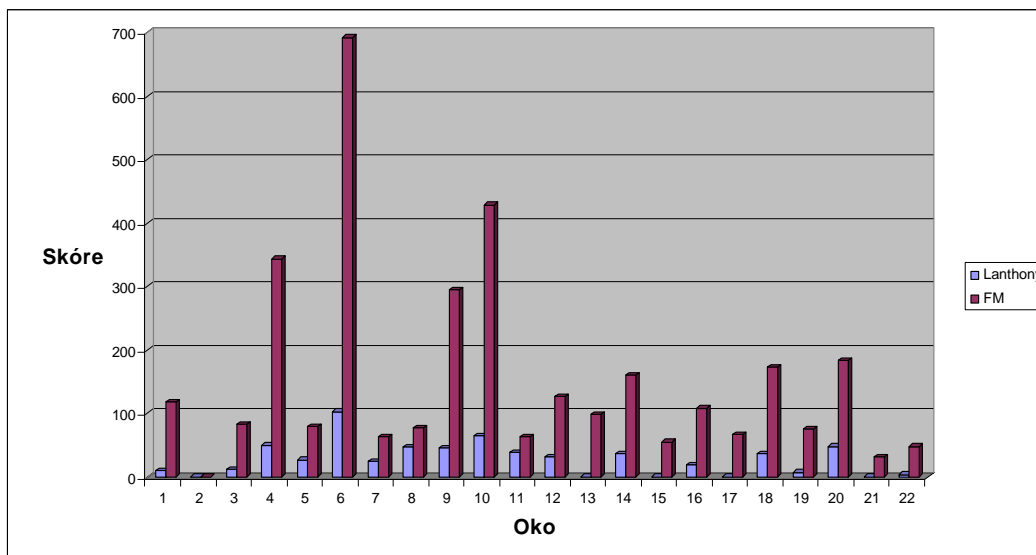


Graf č. 2 - FM 100 Hue test



V grafu č. 3 jsou znázorněny výsledky obou testů pro jednotlivé oči.

Graf č. 3 – Lanthonyho a FM test



U očí se stupněm poškození zorného pole 0-1 dle Aulhornové, tedy celkem u 6 očí (28,57 %), bylo dosažené skóre u Lanthonyho testu s průměrnou hodnotou 7,67 (0-27). U stupně 2-3, tedy u 6 očí (28,57 %), bylo průměrné skóre 27,5 (0-65). U stupně 4-5, tedy u 9 očí (42,86 %), bylo průměrné skóre 44 (4-103).

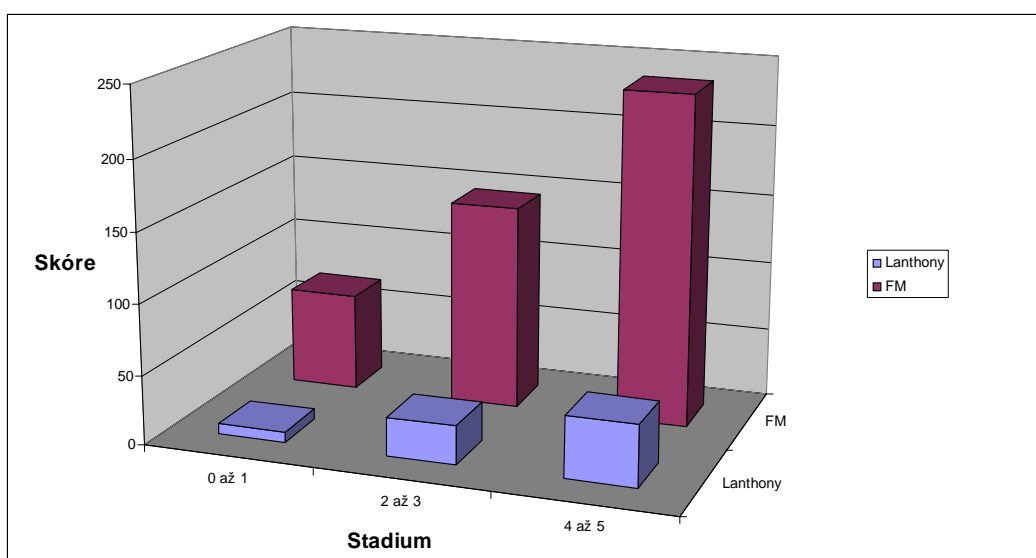
U FM testu bylo průměrné dosažené skóre u postižení zorného pole 0-1 dle Aulhornové 69,67 (55-99). U stupně 2-3 to bylo 146 (31-429). U stupně 4-5 byl průměr 226,33 (48-693).

Vzájemné porovnání postižení zorného pole ve skupinách 0-1, 2-3 a 4-5 dle Aulhornové a výsledky průměrných hodnot skóre jednotlivých testů je zobrazen v tabulce č. 4 a v grafu č. 4

Tabulka č. 4

Stadium	n	Lanthony	FM
0 až 1	6	7,67	69,67
2 až 3	6	27,5	146
4 až 5	9	44	236,33

Graf č. 4 – Průměrné hodnoty dosažené v testech



Z uvedených výsledků vyplývá, že existuje korelace mezi stupněm postižení zorného pole a dosaženým skóre jak v Lanthonyho testu tak v FM testu. Výjimku tvoří pacient č. 6, který dosáhl v Lanthonyho testu lepšího výsledku u oka s horším stupněm poškození zorného pole. Rozdíl mezi skórem jeho lepšího a horšího oka byl roven 7, což je zanedbatelný rozdíl. Pacient č. 11 dosáhl v obou testech velice dobrého výsledku (Lanthony 0, 4 a FM 31, 48) i přes vysoké stadium poruchy zorného pole. Je to způsobeno velice dobrým visem pacienta s hodnotou 6/6.

8. Diskuze

Změny barevného vidění u glaukomu jsou popisovány již od roku 1883 a do dnešní doby se jimi zabývala řada autorů. Například Poinoosawny zjistil ve svém souboru nemocných s glaukomem horší barvocit ve srovnání se zdravými subjekty. Popsal významnou korelaci mezi patologickou hodnotou chybového skóre FM 100 Hue testu a defekty zorného pole. Těmto závěrům oponují ve své práci Breton a Krupin, kteří v rozsáhlém souboru pacientů s glaukomem nezjistili významnou korelaci mezi získanými defekty barvocitu a změnami zorného pole. Zdůrazňují význam věku v posuzování obou veličin a poukazují na nezávislost mechanismů odpovědných za vznik časných poruch barevného vidění a změn zorného pole u očí s glaukomem (7).

Z výše uvedeného je zřejmé, že v problematice vztahu změn barvocitu a glaukomu nezaujímá vědecká veřejnost stejný názor. Dle výsledků našeho výzkumu se přikláníme k autorům podporující názor, že poruchy zorného pole vzniklé v souvislosti s glaukomem, přímo souvisí s poruchami barvocitu. Dále se ukázalo, že významným faktorem je i čas nutný k vyhotovení testu. V případě FM testu, který je časově náročnější, se ukázalo, že čím více pacienti mají času, tím lépe test vyhotoví. Standardní doba pro vyhotovení testu by měla být 8 minut. Většina pacientů ale potřebovala na vypracování dvojnásobek času. S tím souvisí i problematika nutnosti vysoké úrovně compliance u tohoto druhu testů.

9. Souhrn

Cílem výzkumu bylo zjistit, zda je rozdíl v citlivosti Lanthonyho testu a Farnsworth-Munsell testu v diagnostice poruch barvocitu u pacientů s glaukomem. Byl zkoumán vztah mezi poruchou zorného pole vzniklou na základě glaukomu a poruchou barvocitu. Signifikantní rozdíl nebyl mezi těmito testy nalezen. Oba jsou vhodné pro diagnostiku poruch barvocitu. Jejich citlivost je přibližně stejná. Dle našeho názoru je pro praxi vhodnější test Lanthonyho, protože je pro pacienty méně náročný a je rychlejší. Z výsledků našeho výzkumu je zřejmé, že existuje vztah mezi defekty zorného pole způsobenými glaukomem a poruchou barvocitu.

10. Summary

The object of interest was find, if is differnece between Lanthony test and Farnsworth-Munsell test in diagnostic of colour discrimination malfunction by patients with glaucoma. It was also investigated relation of vision field malfunction which was caused by glaucoma and malfunction of colour discrimination. It wasn't discovered any significant diference between these tests. Both of them are proper for diagnostic of colour discrimination malfunction. Their sensitivity is same in accordance with our investigation. Lanthony test is more usufel for practice according to our opinion, because is less time-consuming and faster. From our research is evident, that exists relation between vision field malfunction which was caused by glaucoma and malfunction of colour discrimination.

11. Závěr

V testovaném souboru pacientů jsme sledovali výskyt získaných defektů barvocitu a změn zorného pole a studovali jsem jejich vzájemný vztah. Dále nás zajímala citlivost dvou použitých testů, které slouží k diagnostice poruch barvocitu. Těmi testy byly Lanthonyho desaturovaný 15 Hue test a Farnsworth-Munsell 100 Hue test. Co se týče vztahu změn zorného pole v důsledku získaného glaukomu a změn barvocitu, z testování vyplývá, že čím je vyšší stádium poruchy zorného pole, tím je dosažené skóre vyšší jak u Lanthonyho testu tak u FM testu. Pokud jde o srovnání citlivosti těchto dvou testů, tak výsledky ukazují, že oba testy jsou srovnatelně citlivé. Vhodnost testů barvocitu pro použití v klinické praxi je podmíněna jejich jednoduchostí, rychlostí provedení a diagnostickou specifitou. Dle mého názoru je Lanthonyho test, pro testování změn barvocitu, vhodnější. A to zejména proto, že je časově méně náročný a tím i méně zatěžující pro pacienty, přičemž diagnostická specifita je srovnatelná s FM testem.

Seznam použité literatury

- (1) BIRCH, J. *Diagnosis of Defective Colour Vision*. Oxford: Oxford University Press, 1993. 189 s. ISBN 0-19-262388-5
- (2) GANONG, W. *Přehled lékařské fyziologie* Praha: Galén, 2005. 681 s. ISBN 80-7262-311-7
- (3) KVAPILÍKOVÁ, K. Principy barevného vidění. *Česká oční optika*, 1999, roč. 40, č. 3, 28-29 s.
- (4) NĚMEČKOVÁ, A. *Lékařská chemie a biochemie*. Praha: Avicenum, 1991. 637 s. ISBN 80-2102534-4
- (5) OTRADOVEC, J. *Klinická neurooftalmologie* Praha: Grada Publishing, 2003. 504 s. ISBN 80-247-0280-0
- (6) POLÁŠEK, J. a kol. *Technický sborník oční optiky* Praha: Česká oční optika, 1974. 579 s. ISBN 80-238-6935-3
- (7) SKORKOVSKÁ, Š., KOČÍ, J., SYNEK, S. Glaukom, barvocit a zorné pole. *Česká a Slovenská oftalmologie*, 2000, roč. 56, č. 4, s. 251-257
- (8) SYKA, J. *Fyziologie a patofyziologie zraku a sluchu*. Praha: Avicenum, 1981. 324 s. ISBN 80-247-0786-1
- (9) SYNEK, S., SKORKOVSKÁ, Š. *Fyziologie oka a vidění* Praha: Grada Publishing, 2004. 104 s. ISBN 80-247-0786-1

Přílohy

Příloha č. 1 – dotazník k Farnsworth-Munsell testu

Oční klinika FNKV

Farnsworth-Munsell 100-Hue test

JMÉNO PACIENTA :

RODNÉ ČÍSLO :

DATUM VYŠETŘENÍ :

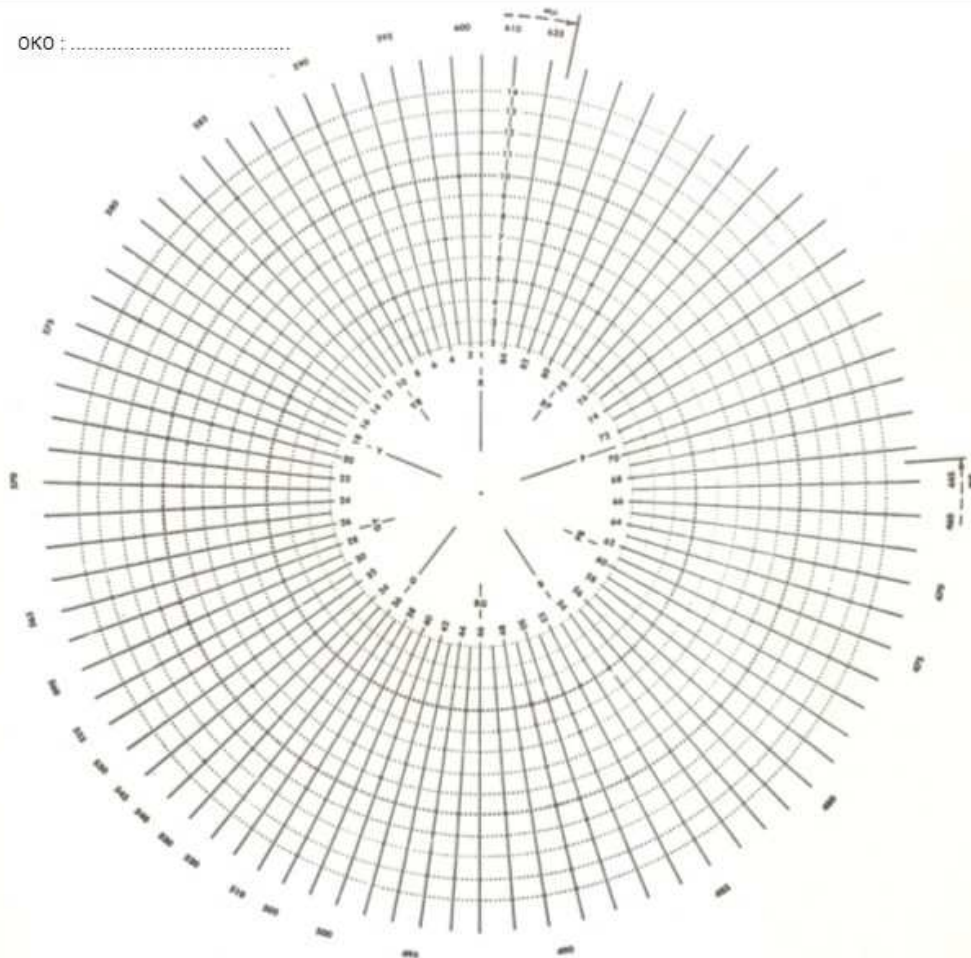
DIAGNOSA :

KOREKCE ZRAKU :

DOSAŽENÉ SKÓRE :

85	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	
43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	
64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	

OKO :



Příloha č. 2 – dotazník k Lanthonyho testu

Oční klinika FNKV

Lanthony Desaturated 15-Hue test

JMÉNO PACIENTA :

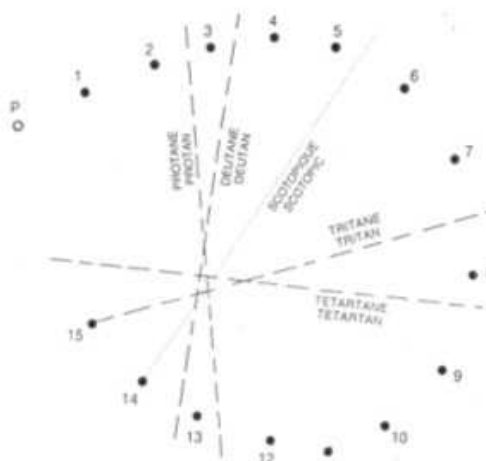
RODNÉ ČÍSLO :

DATUM VYŠETŘENÍ :

DIAGNOSA :

KOREKCE ZRAKU :

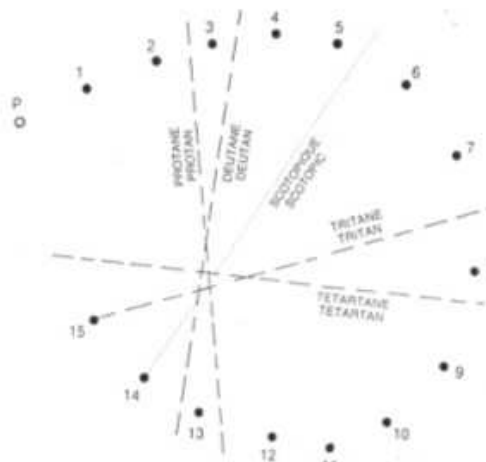
OKO :



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15

- - - - -

OKO :



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15

- - - - -

Příloha č. 3 – fotografie Farnsworth-Munsell testu



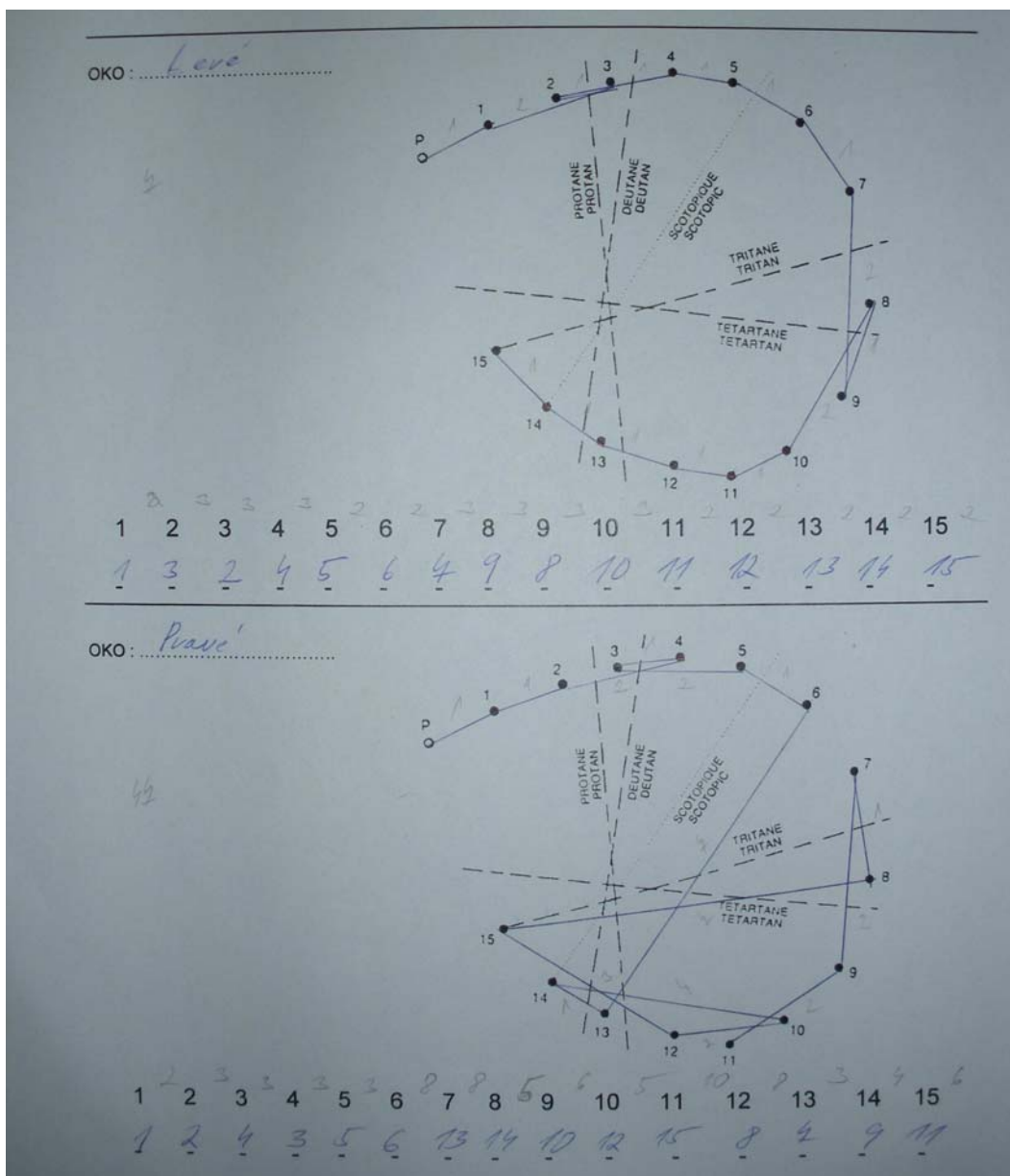
Zdroj: www.colormangement.com/store/CID11/PID446

Příloha č. 4 – fotografie Lanthonyho testu



Zdroj: <http://www.precision-vision.com/index.cfm/product/277/farnsworth-munsell-dichotomus-d-15-test.cfm>

Příloha č. 5 – Vyplněný Lanthonyho test



Příloha č. 6 – Vyplněný Farnsworth-Munsell test

