

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY PALACKÉHO V OLOMOUCI  
KATEDRA OPTIKY



## **Vliv krátkodobého působení monitoru na vergenci oka**

**Diplomová práce**

**VYPRACOVALA:**

Bc. Pavla Kubínová

Obor Optometrie

studijní rok 2012/2013

**VEDOUCÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE:**

Mgr. Lucie Machýčková

### ***Čestné prohlášení***

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval/a samostatně pod vedením Mgr. Lucie Machýčkové za použití literatury uvedené v závěru práce.

V Olomouci dne

.....

### ***Poděkování***

Ráda bych tímto poděkovala vedoucímu diplomové práce Mgr. Lucce Machýčkové za cenné rady a odborné vedení při zpracování této diplomové práce.

# OBSAH

|  |    |
|--|----|
| 1. Úvod                                      | 6  |
| 2. Binokulární vidění                        | 8  |
| 2.1 Vývoj jednoduchého binokulárního vidění  | 8  |
| 2.2 Složky jednoduchého binokulárního vidění | 10 |
| 2.2.1 Motorická složka                       | 10 |
| 2.2.2 Senzorická složka                      | 12 |
| 2.3 Horopter, Panumův prostor                | 13 |
| 2.4 Patologie binokulárního vidění           | 15 |
| 3. Vergence                                  | 19 |
| 3.1 Složky vergence                          | 20 |
| 3.2 Vyšetřování vergence                     | 20 |
| 3.2.1 Objektivní a subjektivní odchylka      | 20 |
| 3.2.2 Blízký bod konvergence NPC             | 26 |
| 3.2.3 Fúzní rezervy FR                       | 26 |
| 3.2.4 Vergenční schopnost VF                 | 28 |
| 3.3 Vergenční dysfunkce                      | 29 |
| 3.3.1 Esoforie                               | 30 |
| 3.3.2 Exofovie                               | 32 |
| 3.3.3 Hyperfovie                             | 33 |
| 3.3.4 Cyklofovie                             | 33 |
| 3.4 Řešení vergenčních poruch                | 34 |
| 3.5 Vzájemný vztah akomodace a konvergence   | 36 |

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 4. Práce s počítačem     | 39 |
| 5. Praktická část        | 42 |
| 5.1 Úvod do problematiky | 42 |
| 5.2 Metodika práce       | 42 |
| 5.3 Výsledky a diskuze   | 43 |
| 5.4 Zhodnocení           | 46 |
| 6. Závěr                 | 47 |
| Použitá literatura       | 49 |

## Úvod

Zrak je naším nejdůležitějším smyslem. Až 80% informací z okolního prostředí získáváme právě očima. Různými refrakčními vadami, očními onemocněními od zánětů až po šedý a zelený zákal, ale i narušením akomodačně – konvergentních vztahů jsme výrazně limitováni v běžném životě. Proto by zájem o péči zraku měl být na předním místě.

Žijeme v uspěchaném světě plném moderních přístrojů, minimalizace a neustálého vývoje vyspělejších technologií. Stále větší a dlouhodobější náročnost a zátěž je kladena na náš zrak. Ve spousty zaměstnání se setkáváme s počítači a jinými přístroji obsahující monitory. Už i na některých školách jsou ve výuce využívány notebooky. Svého rozšíření se dočkaly i elektronické knihy. Mimo to jsou osobní počítače v mnoha domácnostech užívány ve volném čase, nejen k plnění úkolů a prací, ale také k vyhledávání informací, nákupu přes internet a hraní her. Mnoho lidí stráví u počítače denně několik hodin, a takových lidí bude čím dál více přibývat. Populární jsou i vysoké školy třetího věku. Starší populace se snaží držet krok s dobou a začlenit se do tohoto moderního života. Pro některé psaní sms zpráv není problém a někteří se dokonce dostanou i k obsluze počítače.

Po několika hodinové práci u počítače každý z nás subjektivně pociťuje nějaké potíže. Nejčastěji spojené se syndromem suchého oka. Cílem práce bylo zjistit, nastávají – li nějaké změny ve vergenčním systému oka, a to z hlediska krátkodobého vlivu monitoru, konkrétně po půl hodině. Mimo jiné i získání znalostí týkající se binokulárního vidění,vergence a osvojení technik k vyšetření daných vergenčních parametrů.

V první kapitole je popsáno binokulární vidění. Jeho vývoj včetně vývoje oka během těhotenství až do 6 let, jeho složky a patologie binokulárního vidění, které mohou vzniknout při špatném vývoji. Jsou zde zmíněny některé pojmy související k detailnějšímu popisu binokulárního vidění, a to horopter, Heringův zákon, Panumův prostor nebo korespondující body sítnice. Další kapitola je věnována vergenci. Tato část obsahuje definicivergence, její složky, popis jednotlivých vergenčních dysfunkcí, vyšetřovánívergence – od zakrývacích testů po vergenční facilitu, a stručně možnosti řešení těchto obtíží. Není opomenut ani vztahvergence a akomodace. Ve třetí kapitole

je popsána práce s počítačem. Jsou vypsány nejčastější obtíže, rozdíl mezi počítačovým monitorem a televizní obrazovkou, cviky na uvolnění unavených očí a správná ergonomie pracovního místa. V praktické části se věnuji krátkodobému vlivu monitoru na vergenci oka a srovnávám ho s prací s textem a jinými již provedenými studiemi jak z krátkodobého, tak z dlouhodobého hlediska.

## 2. Binokulární vidění

Jednoduché binokulární vidění je schopnost nervového systému vytvořit prostorový vjem při pozorování oběma očima současně. Jedná se o korigovanou senzomotorickou činnost zrakového aparátu, která je odpovědná za vytvoření jednoduchého ostrého obrazu pozorovaného objektu. Bez binokulárního vidění by procesvergence nebyl možný. Výhodami binokulárního vidění jsou větší zorné pole (viditelná část prostoru), stereopse (binokulární vnímání hloubky), lepší prostorové vnímání z hlediska vnímání velikosti a pozice objektů v prostoru, lepší koordinace – spolupráce mezi očima a rukou, a zlepšení dalších vlastností při pozorování oběma očima. Při narušení vidění oběma očima může docházet ke konvergenčním poruchám (konvergence = sbíhavé oční pohyby), narušení vztahu mezi akomodací a konvergencí, refrakční nerovnováze, dále k metamorfopsii (zkreslení), anizometropii (různá refrakční hodnota na každém oku) a anizeikonii (rozdíl ve velikosti viděných obrazů). Pro správnou funkčnost jednoduchého binokulárního vidění jsou nezbytné tyto podmínky: normální vidění obou očí, skoro stejné velikosti sítnicových obrazů obou očí, centrální fixace, normální retinální korespondence, schopnost fúze, normální funkce zrakových a motorických drah a center, paralelní postavení očí při pohledu do dálky, neomezená pohyblivost ve všech směrech a koordinace konvergence a akomodace [1, 3].

### 2.1 Vývoj jednoduchého binokulárního vidění

S dokonale vyvinutým zrakem se ovšem nerodíme. Schopnost vnímat okolní svět vyžaduje propojení oka s mozkovou kůrou, která se vyvíjí již v brzké embryogenezi jako vychlípenina předního mozku. Na začátku čtvrtého týdne vznikají základy oka. Kolem třicátého dne se objevují základy čočky a čočkové jamky. Následuje vznik sklivce. V pěti týdnech se začínají vyvíjet okohybné svaly. Nejprve vzniká sval přímý horní a zevní, po té šikmý horní a přímý vnitřní a jako poslední dokončují vývoj svaly dolní, šikmý i přímý. Během 5. měsíce těhotenství se začíná vyvíjet sítnice. Zpočátku je bezcévná. Od 8. měsíce probíhá vaskularizace - prorůstání cév. Jako první je vaskularizována nazální část (blíže k nosu). V sedmém měsíci se od sebe oddělují víčka. Teprve 1. měsíc po narození je dokončený vývoj sítnice a až v 11



měsících je dosaženo definitivní podoby fotoreceptorů – tyčinek a čípků. Prvních pár dní je novorozenec schopen rozlišit světlo a tmu. První týdny po narození funkčně převládá periferní část sítnice, pak přetrvává centrální vidění. U novorozence je lomivost oka dvakrát větší než u dospělého člověka, a to asi 85 D. V prvním měsíci můžeme pozorovat rozvoj sledovacích pohybů. Následující měsíc pak dochází k binokulární fixaci nepříliš vzdálených objektů. Reflex konvergence a divergence se objevuje ve 3. měsíci a vývoj akomodace ve čtvrtém. V šestém měsíci vzniká fúze a vytváří se hloubkové vnímání. Dochází k postupnému přechodu od pozorování jednoho oka k vidění oběma očima. V prvním tři čtvrtletí se na základě dotyků a úchopů dítěte zlepšují binokulární reflexy. V prvním roce života, jak se dítě učí chodit, si buduje cit pro odhad vzdálenosti a velikosti předmětů, Upevňuje si binokulární funkce a zdokonaluje akomodačně-konvergenční vztahy. Úplný vývoj je dokončen kolem šesti let, kdy dochází ke stabilizaci reflexů a binokulárního vidění. Pokud bude normální vývoj zraku porušen, vyvíjí se dále patologicky, což může vést k šilhání, anomální retinální korespondenci (žlutá skvrna zdravého oka nespolupracuje se žlutou skvrnou postiženého oka, ale s jiným bodem sítnice) nebo k tupozrakosti. Největšího výkonu dosahuje vidění mezi 20. a 30. rokem [1, 2, 3, 9].

Při narození má dítě rozsah zorného pole do  $20^{\circ}$  –  $30^{\circ}$ , rozsahu dospělého dosáhne v šesti měsících. Velikost zorného pole se nejvíce vyvíjí kolem třetího měsíce po narození. V této době je ještě přítomný centrální skotom (výpadek). V dalším období vývoje, kdy se začíná fovea diferencovat, skotom pomalu mizí. Vývoj adaptace na světlo není zcela objasněn. Pomocí elektroretinografie se dokázalo, že světelná dráždivost fotoreceptorů na konci prvního roku je stále nízká. Až u 2 – 3 ročních dětí předpokládáme plnou senzitivitu tyčinek a čípků. Vývoj barevného vidění je provázaný s vývojem čípků a zrakové dráhy. Již v šestém měsíci je dítě schopné primitivního barevného vidění. U 3- 4letých dětí se uvažuje o přesném rozlišování barev. Od třetího měsíce bylo prokázáno i jisté prostorové vidění [5, 9].

Pohyblivost očí se vyvíjí po narození, a to na podkladě fixačních reflexů. Spolu s konvergencí se rozvíjí i akomodace. Po vývinu sítnice a zrakové dráhy se začíná uplatňovat fúzní konvergence. Malé děti, kolem prvního měsíce, jsou schopné akomodovat jen na předměty vzdálené maximálně 20 cm. V tomto období se mluví o pseudomyopii, která však krátce po té mizí [9].

## 2.2 Složky jednoduchého binokulárního vidění

Pro správnou funkčnost binokulárního vidění je nezbytná spolupráce tří složek – optické, motorické a senzorické. Při pozorování předmětu nám optická složka vytvoří ostrý obraz na sítnici. Motorická natočí bulby do takové pozice, aby obraz dopadl do fovey (jamka ve žluté skvrně, místo nejostřejšího vidění). Patří sem monokulární oční pohyby, a to dukce a torze. Torze je stočení oka. Dukce jsou pohyby nahoru, dolů, doleva a doprava. Monokulární pohyby při fixaci jsou mikrosakadické pohyby (malé trhavé), drift (malé nepravidelné) a třes (rychlé náhodné pohyby). Binokulární pohyby očí dělíme na versi a vergenci. Versí rozumíme takové oční pohyby, kdy úhly zrakových os se nemění. Jedná se o konjugované pohyby pohybující se rychlostí asi 150°/s. Např. čtení nebo plynulé sledování letadla. Při vergenci se mění úhly zrakových os, protože dochází ke změně fixační vzdálenosti. Senzorická pak převádí nervové impulsy do korových center v týlním laloku [1].

Rozlišujeme také tři stupně jednoduchého binokulárního vidění – simultánní vidění, fúzi a stereopsi. Současné vidění obou obrazů dopadajících do makuly a jejich složení nazýváme simultánní vidění. Tedy pozorování oběma očima současně. Schopnost fúze spočívá ve vytvoření jednoho binokulárního vjemu tím, že spojí skoro stejné sítnicové obrazy z obou očí. Nejvyšším stupněm binokulárního vidění označujeme stereopsi sloužící ke vnímání hloubky [1].

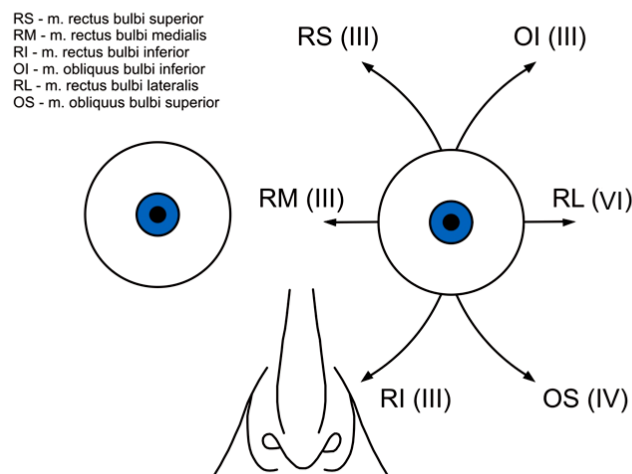
### 2.2.1 Motorická složka

Motorická složka se skládá z okohybných svalů, okohybných nervů a motorických center. Nervové podráždění probíhá od motorických center nacházejících se v mozkové kůře k okohybným svalům [3].

Na každém oku najdeme šest okohybných svalů – 4 přímé a 2 šikmé. Jsou to svaly vnitřní přímý, dolní přímý, dolní šikmý a horní přímý inervovaný III. hlavovým nervem (okulomotorius), horní šikmý inervovaný IV. hlavovým nervem (trochlearis) a zevní přímý sval inervovaný VI. hlavovým nervem (abducens). Přímé svaly začínají v hrotu očnice a upínají se na bělimě u čísla 3, 6, 9 a 12. Úpony svalů se upínají v různé vzdálenosti od limbu (přechod rohovky na bělimu) a tvoří tzv. Tillauxovu spirálu.

Nejblíže se nachází úpon vnitřního přímého svalu, asi 5,5 cm od limbu. 6,5 cm od limbu se upíná dolní přímý sval, zhruba 7 cm zevní přímý sval a horní přímý sval asi 8 cm od limbu. Okohybné svaly jsou široké 1 cm a dlouhé 4 cm. Výjimkou je horní šikmý sval měřící 6 cm. Jde přes kladku a mění se ve šlachy. Upíná se v horním zevním kvadrantu za ekvátorem. Dolní šikmý sval se upíná v zevním dolním kvadrantu [3].

#### SCHÉMA FUNKCE OKOHYBNÝCH SVALŮ A JEJICH INERVACE



Obr.1 Okohybné svaly [13]

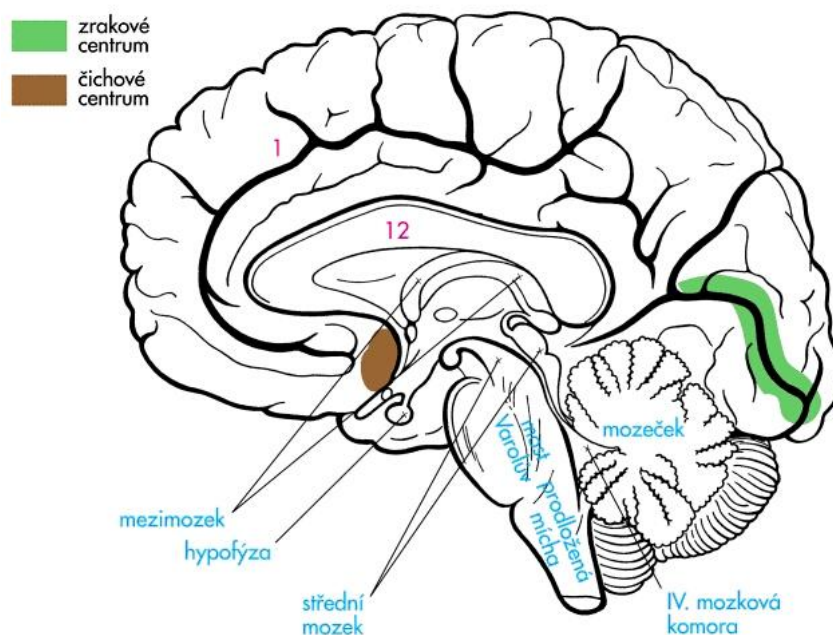
Je třeba, aby okohybné svaly pracovaly společně a vyváženě. Harmonickou činnost svalů a jejich plynulost pohybů zajišťují dva zákony.

**HERINGŮV ZÁKON:** K obou synergistům (spřažená dvojice svalů) přichází z motorického centra stejný nervový impuls. Např. při pohledu doleva jde stejný impuls k zevnímu přímému svalu levého oka a svalu vnitřnímu přímému pravého oka.

**SHERRINGTONŮV ZÁKON:** Zvýší-li se inervační impuls pro daný sval, je stejnou měrou utlumen jeho antagonist (otáčí opačným směrem). Např. je – li zvýšen impuls vnitřního přímého svalu, pak je utlumen zevní přímý sval na témže oku.

Jak bylo zmíněno výše, okohybné svaly jsou zásobené třemi hlavovými nervy. Jejich jádra jsou uložena v zadní části mozkového kmene a jsou vzájemně propojena.

Motorická centra jsou párová, což umožňuje binokulární pohyby. Léze těchto center působí parézy (částečné obrny) a paralýzy (obrnny). Máme 3 motorická centra, a to korové motorické centrum v čelním (frontálním) laloku, které řídí volní pohyby. Korové motorické v týlním (parietookcipitálním) laloku je centrem reflexním podmíněných pohybů jako je např. akomodace, konvergence, mrkací reflex nebo fixace. Třetím centrem je vestibulární aparát, který zajišťuje statokinetické pohyby. Tzn. zachování správného postavení očí i při změně polohy hlavy nebo těla. Tyto reflexy jsou vrozené, nepodmíněné a zachované i při slepotě.



Obr.2 Zrakové centrum v mozku [14]

### 2.2.2 Senzorická složka

Do sensorické složky můžeme zařadit sítnici, zrakovou dráhu a zrakové centrum v mozkové kůře.

Sítnice je tenká a průhledná blána skládající se z deseti vrstev. Mění přicházející světelné záření v elektrické impulsy. Světlo jde přes vrstvu nervových vláken, gangliové buňky, amakriní, Müllerovy a horizontální buňky k fotoreceptorům. Poslední vrstvou je

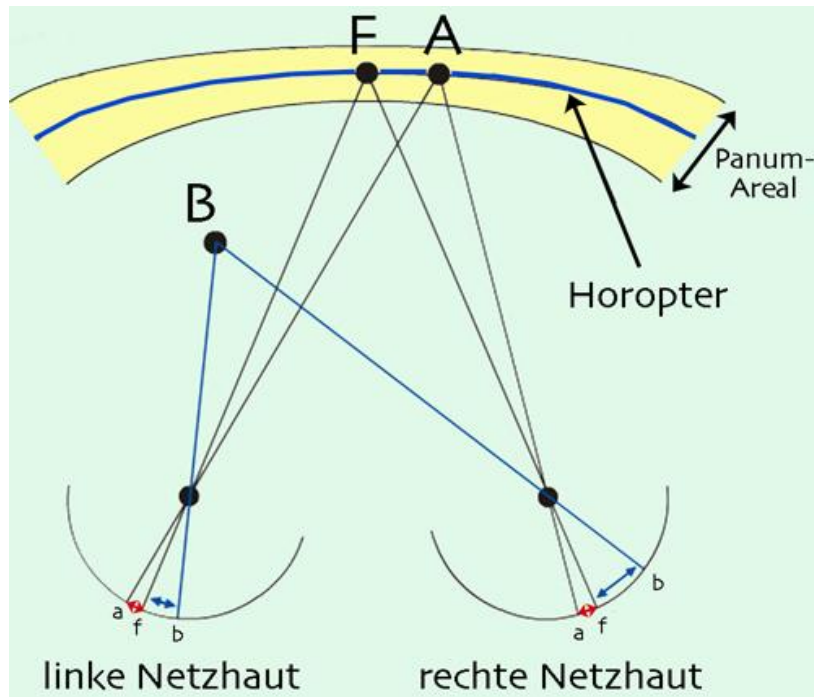
pigmentový epitel. Nejdůležitější jsou fotoreceptory – tyčinky a čípky. Tyčinek je asi 120 milionu, obsahují pigment RHODOPSIN a jsou převážně v periférii sítnice, nejvíce jsou nahromaděny ve 30° kolem fovey. Tyčinky zajišťují skotopické vidění za šera. Čípků je 7 milionu, obsahují barvivo IODOPSIN (reaguje na tři rozsahy vlnové délky elektromagnetického vlnění) a zajišťují fopické vidění za dne. Jsou nakupeny ve žluté skvrně a směrem do periferie ubývají. V oblasti terče zrakového nervu (slepé skvrny) se nenachází žádné receptory. Sbíhají se tam cévy a nervová vlákna tvořící zrakový nerv. Barviva obsažená v tyčinkách a čípků absorbují světlo a dochází k přeměně světelné energie na elektrickou stimulaci – tzv. fotoelektrická transdukce. Rodopsin se rozkládá na bílkovinu opsin a karotenoid retinal. Přeměna iodopsinu trvá asi 4x déle než rodopsinu u tyčinek. [4, 5].

Zraková dráha začíná na terči zrakového nervu, kde sbíhají nervová vlákna. Zrakový nerv obsahuje 1,2 milionu nervových vláken (z toho 20% tvoří pupilární dráha). Jeho délka činí 5 cm. Zrakový nerv je v očnici esovitě stočen, jde optickým kanálem do nitrolební dutiny. Následuje chiasma opticum (šestivrstevná destička bílé hmoty), kde dochází k částečnému překřížení. Kříží se vlákna z nasálních polovic sítnic, temporální se nekříží. Tzn. že levým traktem jdou vlákna z levých polovic a pravým z pravých polovic sítnic obou očí. Za chiasmatem se odděluje pupilomotorická vlákna a pokračují jen sensorická. Zraková dráha jde zrakovým traktem k primárnímu zrakovému centru – zevní kolínkovité tělísko (corpus geniculatum laterale). Za ním pokračuje jako zraková radiace (Gratioletův svazek) až ke zrakové kůře. Zrakové centrum je umístěné v týlním laloku mozkové kůry a vznikají zde zrakové vjemy [4].

### 2.3 Horopter, Panumův prostor

Význam horopteru a Panumova prostoru bychom mohli zařadit do sensorické fúze. Tím máme na mysli smyslovou kombinaci téměř stejných obrazů z obou sítnic do jednoho binokulárního vjemu. Předpokladem této fúze je správná funkce fúze motorické. Nejprve vysvětlíme pojmy korespondující a disparátní zobrazení. *Korespondující* body na sítnici jsou body (jedná se o dvojice) se stejnou směrovou hodnotou. Jednoduše můžeme říci, že přeložením sítnic by se tyto body přesně překrývali. *Disparátní* body jsou dvojice bodů na sítnici s různou směrovou hodnotou.

Potom *korespondující zobrazení* znamená spolupůsobení sítnicových bodů se stejnou směrovou hodnotou. Pokud fovey (nejostřejší místo vidění, nachází se ve žluté skvrně) tvoří hlavní korespondující body, jedná se o normální retinální korespondenci. Pokud foveám přísluší různé směrové hodnoty při binokulárním vidění, mluvíme o anomální retinální korespondenci [1].



Obr.3 Horopter a Panumův prostor [15]

linke Netzhaut.....levá sítnice

rechte Netzhaut.....pravá sítnice

### Horopter

Při fixaci předmětu v dané vzdálenosti, dopadá jeho obraz do fovey. Ostře nevidíme pouze tento předmět, ale i jeho blízké okolí. Fovey jsou korespondujícími body. Kolem nich se nachází další korespondující body, proto předměty v blízkosti bodu fixace vidíme stále jednoduše a ostře. Dvojitě vidíme obrazy, které dopadají na disparátní body sítnic. Jednoduše řečeno, horopter je množina bodů v prostoru, jejichž obrazy se při fixaci určitého bodu zobrazí na korespondující body na sítnici [1, 3].

## **Panumův prostor**

Panumův prostor je prostor v okolí horopteru, kde dochází ke stereoskopickému vidění z lehce disparátních bodů sítnic. Tomu odpovídá zobrazení na sítnici tzv. Panumových areálů. Mají tvar protáhlé elipsy v horizontále. V periférii jsou větší než v blízkosti fovey. Jedná se sice ještě o disparátní zobrazení, ale zrakové centrum v mozku je schopno vytvořit jednoduchý vjem [1,3].

## **2.4 Patologie binokulárního vidění**

Při narušení vývoje jednoduchého binokulárního vidění se dále tento systém vyvíjí patologicky a může dospět k těmto stavům. Suprese, amblyopie, anomální retinální korespondence a strabismus.

### **Suprese**

Suprese je útlum vstupujících informací z šilhajícího oka do zrakového centra. Zrakové centrum v mozkové kůře není schopno vnímat dva různé obrazy, proto jeden vjem utlumuje, a to se projevuje skotomem na sítnici. U esoforie („skryté šilhání“, kdy oko se uchyluje směrem dovnitř) má skotom velikost do 5°, u exoforie („skryté šilhání“, kdy se oko uchyluje ven) zaujímá různě velkou temporální oblast sítnice podle úhlu šilhání [3].

### **Amblyopie**

Neboli tupozrakost je snížení zrakové ostrosti z důvodu dlouhodobého nepoužívání oka při normálním anatomickém nálezu. Jedná se o funkční poruchu. Může být jednostranná i na obou očích. Podle vizu ji rozdělujeme na lehkou (vizus 6/8 až 6/18), střední (V 6/18 až 6/60) a těžkou (vizus horší než 6/60) [3].

**KONGENITÁLNÍ:** Je vrozená a nelze ji úplně vyléčit, jen částečně. Může být spojená s nystagmem nebo při albinismu.

**AMBLYOPIA EX ANOPSIA:** Vzniká po narození z důvodu nepoužívání oka, kdy je zamezen vstup normálních světelných podnětů. To může být zapříčiněno jednostranným šedým zákalem, krvácením do sklivce nebo při dlouhodobé okluzi oka při oční nemoci, paradoxně i při léčbě tupozrakosti druhého oka.

**ANIZOMETROPICKÁ:** Podstatou je anizometropie, teda různá dioptrická hodnota na obou očích. Utlumeno je oko s vyšší dioptrickou hodnotou.

**AMETROPICKÁ:** Vzniká při vyšších refrakčních vadách, např. hypermetropii.

**MERIDIONÁLNÍ:** U vysokých astigmatismů.

**RELATIVNÍ:** Může vzniknout i při malé organické vadě.

**PŘI STRABISMU:** Mozková kůra aktivně utlumí foveu šilhajícího oka. Většinou u jednostranného šilhání.



Obr.4 Okluze – jedna z možností léčby amblyopie [16]



## Anomální retinální korespondence

Jedná se o adaptaci zraku uchýleného oka. Je to stav, kdy fovea vedoucího oka spolupracuje s falešnou foveou oka šilhajícího. Pseudofovea šilhajícího oka je umístěná v extrafoveální oblasti sítnice, která neumožňuje takové ostré vidění jako pravá fovea. Tento stav vede k amblyopii. Dítě nevidí dvojitě, ale kvalita binokulárního vidění je redukována. Monokulární vidění je neporušené. Pokud pracuje pseudofovea i při monokulární fixaci, mluvíme o extrafoveální fixaci. ARK rozlišujeme harmonickou a disharmonickou. U harmonické je úhel anomálie roven objektivní úhlu. Pokud je rozdíl mezi objektivním a subjektivním úhlem, hovoříme o disharmonické ARK [5].

## Strabismus

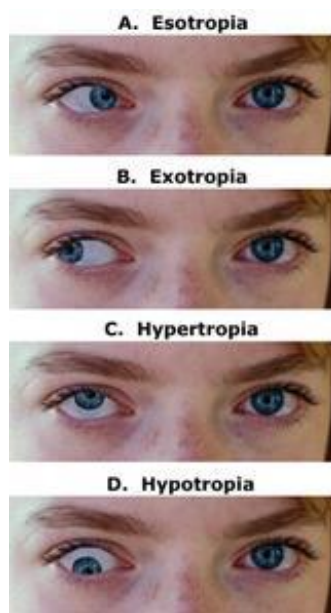
Šilhání je stav, kdy se osy vidění bulbů neprotínají ve fixovaném bodě. Porucha je provázená asymetrickým postavením očí a je přítomno větší či menší poškození jednoduchého binokulárního vidění. Jedná se o funkční senzomotorickou poruchu.

Základní dělení je na strabismus manifestní (heterotropie) a latentní (heteroforie). U manifestního rozlišujeme konkomitantní, který má příčinu v poruše binokulárního vidění v dětství, a inkomitantní strabismus – paralytický, který je zapříčiněn obrnou jednoho nebo více okohybných svalů. *Konkomitantní* šilhání najdeme u 5 – 7% populace. U předčasně narozených dětí je výskyt větší, až 22%. Je charakterizován neporušenou pohyblivostí očí, primární i sekundární úchylka je stejná (primární - při fixaci vedoucího oka/sekundární - při fixaci šilhajícího oka) a není přítomna diplopie. Příčiny mohou být optické jako je hypermetropie (dalekozrakost) nebo astigmatismus, abnormální AC/A poměr nebo zákaly optických prostředí. Uvádí se, že 85% konkomitujících strabismů má příčinu v refrakční vadě. Mezi motorické příčiny patří poruchy a poranění okohybných svalů. Příčiny senzorické jsou různé poruchy počínaje sítnicí a konče centrálním nervovým systémem. Psychické faktory jako jsou např. stres a únava. Dále k tomuto stavu přispívají genetické dispozice [5].

Konkomitující strabismus dále dělíme na **konvergentní** (ten se dělí na jednostranný, alternující, akomodativní, kongenitální, akutní a cyklický), **divergentní** (základní exoforie, insuficience konvergence a exces divergence), **sursumvergentní**

(strabismus sursoadductorius a alternující hypertropie) a **zvláštní formy** (mikrostrabismus a AV syndrom) [3].

**Paralytické** šilhání postihuje 1% populace bez ohledu na věk. Příčinami mohou být záněty, úrazy, tumory, otravy, cévní, metabolické a degenerativní onemocnění. Následkem obrny dochází k hyperfunkci stejnostranného antagonisty a druhostranného synergisty a relativní částečné obrny druhostranného antagonisty. Paralytický strabismus je charakterizován omezenou pohyblivostí oka ve směru paretického svalu, různou pohledovou diplopií a kompenzačním náklonem hlavy. Dělíme jej na **kongenitální** a **získaný** [3].



Obr.5 Strabismus [17]

### 3. Vergence

Vergence jsou disjunktní oční pohyby. Tedy pohyby fixačních os obou očí vůči sobě opačnými směry nebo pohyby os retinálních (sítnicových) meridiánů obou bulbů, tzv. cyklovergence. Úhly zrakových os se mění, neboť měníme fixační vzdálenost. Rychlost pohybu je kolem  $10^\circ/s$ . Vergence se dělí na konvergenci, divergenci a pozitivní/negativní vertikální vergenci. Konvergencí neboli pozitivní horizontální vergencí se rozumí dovnitř směřující pohyby fixačních os, kdy se zmenšují fixační vzdálenosti i úhly. Divergence neboli negativní horizontální vergence jsou ven směřující pohyby zrakových os, kdy fixační vzdálenost a zároveň úhly se zvětšují. Konvergence má větší rozsah než divergence, asi 10x. Třetím typem vergence je vertikální. Pohyb pravého oka nahoru oproti oku druhému, označujeme jako pozitivní vertikální vergenci. Negativní vertikální vergence znamená pohyb levého oka nahoru oproti druhému oku. Vergence ve spolupráci s očními svaly slouží k přesné fixaci předmětů, aby mohlo dojít k následné fúzi. Pohyby očí se stejným směrem se známy jako verse [1, 11].

Vergenční pozice obou očí je dána úhlem mezi fixačními osami obou bulbů a úhlem mezi vertikálními retinálními meridiány dvou bulbů (pozice cyklovergence). Hlavní vergenční pozice jsou konvergenční, divergenční a pozitivní/negativní vertikální pozice vergence. Jestliže se fixační osy protínají v pozorovaném bodě a vertikální meridiány obou očí jsou paralelní k všem ostatním, pak jsou oči v orto pozici příslušející k vzdálenému objektu. Pozice vergence, která požaduje minimální možné úsilí (zbytková, rezervní pozice), bývá pro různý akomodační požadavek v jiné vzdálenosti. Všeobecně se předpokládá, že tato zbytková pozice je nepřítomna během fúzní stimulace. Pro různé adaptační stavy očí existují rozdílné zbytkové pozice. Potřebná vergenční pozice pro vidění s bicentrální fixací může být změněna optickými zařízeními, např. pomocí prizmat. Prizma s bází - out (ven) změní vergenční pozici do konvergentního směru a prizma s bází - in (dovnitř) změní polohu očí do divergentního směru [11].

Oční pohyby jsou zodpovědné za to, že obraz dopadne přesně do foveí obou očí. Tento systém také musí brát v úvahu pohyby hlavy, a přesto zajistit vždy nepřetržité jednoduché a ostré vidění. Systém očních pohybů obdrží informaci o poloze hlavy

z vestibulárního systému nebo labyrintu nacházejícího se ve vnitřním uchu. Vyrovnávací odezvy změny polohy automaticky, zatímco fixační změny požadující nový cíl zájmu do fovey jsou volní odpovědí. Ačkoli se teoreticky mohou osy vidění pohybovat o 45° do všech směrů z přímého postavení, ve skutečnosti se pohybují jen o 20 stupňů. Fixace perifernější předmětů je dosažena kombinací pohybů hlavy a očí [10].

### **3.1 Složky vergence**

Vergence se skládá ze sedmi složek. Anatomická zbytková pozice, tonická, akomodační, tonická, proximální, fúzní, adaptační a volní vergence. Anatomická zbytková pozice je taková pozice, kde chybí jakákoliv inervace. Může se jednat o stav v anestezii nebo poruchy inervace. Pokud oči nefixují žádný bod, složka tonická stáčí zrakové osy z anatomické pozice do rovnovážné. Akomodační vergence znamená, že konvergence je navozená akomodací. Proximální je navozená odhadem vzdálenosti bodu fixace. Fúzní (na rozdíl od ostatních složek, které máme vrozené) se vyvíjí kolem 4. měsíce po narození). Adaptační vergence se uplatňuje při dlouhotrvající neměnné fixaci a postupně nahrazuje předchozí složky. Volní je ovládána vůlí [1, 8].

### **3.2 Vyšetřování vergence**

U vergence vyšetřujeme přítomnost subjektivních a objektivních odchylek, blízký bod konvergence, fúzní rezervy a vergenční snadnost.

#### **3.2.1 OBJEKTIVNÍ A SUBJEKTIVNÍ ODCHYLKA**

Mezi subjektivní testy řadíme Maddoxův cylindr, Thoringtonův test, von Graefeho metodu a anaglyfické testy. Tyto testy se vyznačují úplnou disociací. Pomocí nich vyšetříme velikost a směr odchylky. Nejen zhodnotí heteroforii, ale můžeme pomocí těchto testů navrhnout optimální refrakční korekci.

## **Zakrývací testy**

Pomocí zakrývacích testů zjišťujeme přítomnost heterotropie, heteroforie a určíme velikost těchto odchylek. Vyšetřujeme jak do dálky na 6m, tak i do blízka na 40cm. Tento test má tři fáze. Intermitentním testem zjistíme přítomnost či nepřítomnost heterotropie. Následuje alternující test ke zjištění heteroforie. Nakonec provádíme neutralizaci prizmat, pomocí které určíme velikost přítomné odchylky.

**Intermitentní zakrývací test:** Poprosíme pacienta, aby sledoval libovolné písmeno na optotypu, které pohodlně přečte. Velikost optotypu volíme podle vizu horšího oka. Optotyp je ve vzdálenosti 6 metrů. Okluzorem zakryjeme pacientovi jedno oko a po 3 sekundách zase odkryjeme. Provedeme několikrát. Sledujeme přítom pohyb druhého odkrytého oka při zakrytí prvního. Vidíme-li pohyb, jedná se o heterotropii. Podle směru pohybu určíme směr odchylky. Pokud se druhé oko stáčí nazálně (tj. z temporální pozice), jedná se o exotropii, v opačném případě o esotropii. Vertikální pohyb signalizuje hypertropii (při pohybu oka dolů) nebo hypotropii (při pohybu oka nahoru). Nenastane-li pohyb, nejedná se o heterotropii. Totéž provedeme u druhého oka. Poté vše zopakujeme pro vzdálenost 40 cm. Pokud byla intermitentním testem vyloučena heterotropie, předpokládáme pouze ortoforii nebo heteroforii.

**Alternující zakrývací test:** Pacient fixuje libovolné písmeno na optotypu, který je ve vzdálenosti 6 metrů. Okluzorem střídavě zakrýváme pravé a levé oko zhruba po 2-3 sekundách. Pozorujeme pohyb odkrývaného oka. Je – li pozorován pohyb, jedná se o heteroforii. Podle směru určíme typ poruchy. Při stočení oka nazálně (tj. z temporální pozice) se jedná o exoforii, v opačném případě o esoforii. Vertikální pohyb signalizuje hyperforii při pohybu oka shora dolů nebo hypoforii v opačném případě. Pokud si nejsme jisti přítomností či směrem pohybu oka, ptáme se pacienta, jestli fixovaná značka neuskakuje. Jestliže písmeno uskakuje se směrem okluzoru, jedná se o exoforii. Uskočí-li ve směru opačném než je pohyb okluzoru, jedná se o esoforii. Pokud není pohyb oka zřetelný, ale subjektivně pacient vnímá pohyb fixační značky, jedná se o malou vadu do 3 pD. Nenastane – li pohyb, heteroforie není přítomna. Vše zopakujeme pro vzdálenost 40 cm.

**Prizmatická neutralizace:** Užíváme, chceme – li stanovit velikost heteroforie. Předložíme prizmatickou lištu před vedoucí oko. Kompenzujeme bázi proti odchylce.

Při esoforii vkládáme prizma bází ke spánku. Při exoforii bází k nosu. Provádíme zakrývací test a postupně prizma zesilujeme. Až pohyb ustane nebo nám pacient nahlásí, že značka už neuskakuje (popř. uskakuje v opačném směru), dostáváme výslednou hodnotu odchyšky na prizmatické liště.

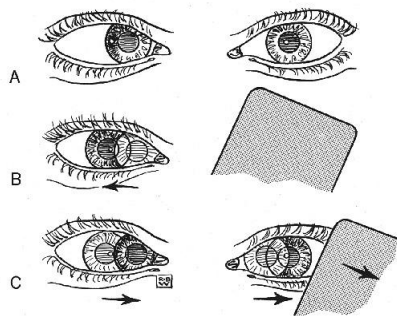
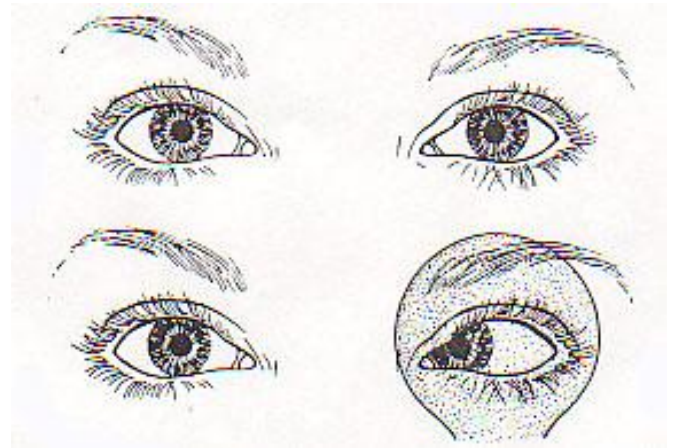
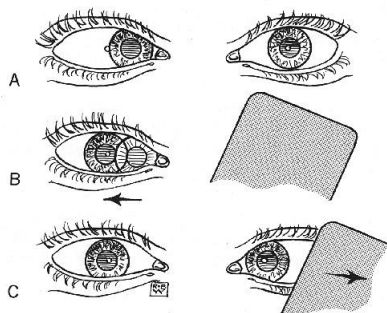


Figure 36



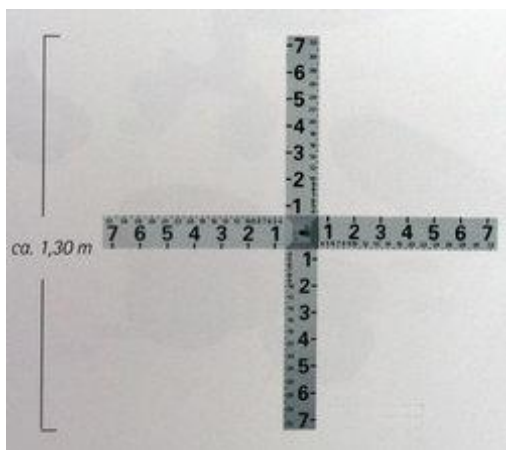
Obr.6 a) Intermitentní zakrývací test [19]

b) Alternující zakrývací test [18]

Častou chybou při měření je nepřesné přiložení okluzoru, pomalý přesun okluzoru u alternujícího testu, nedostatečná kontrola akomodace u horizontálních odchyšek při vyšetřování do blízka a pohyb nezakrytého oka při odkrytí zakrytého nesprávně hodnotíme jako heterotropii [7].

## Maddoxův cylindr

Maddoxův kříž je pravoúhlý kříž se středovým bodovým světlem. Slouží k vyšetření heteroforie – latentního šilhání. Vyšetření provádíme do dálky i do blízka a zjišťujeme horizontální a vertikální odchylky. Z důvodů špatné kontroly akomodace, do blízka měříme pouze vertikální dysfunkce. Zrušením fúze docílíme Maddoxovým cylindrem, což je sklo, které zkresluje středové světlo na čáru kolmou ke vrypům ve skle. Maddoxův cylindr vkládáme před pravé oko vodorovně a pak svisle. Pravé oko vidí světelnou přímku a levé vidí bodové světlo. Vjem zdravého oka je přímka procházející středovým světelným bodem. Při dysfunkci je zabráněno sensorické fúzi, a proto si oko osvojí heteroforickou pozici [3, 7].



Obr.7 Maddoxův kříž [21], Maddoxův cylindr [20]

Nejprve vložíme Maddoxův cylindr před pravé oko tak, aby drážky byly vodorovné. Pacient sleduje bodové světlo a dá nám najevo polohu svislé přímky, jestli vpravo nebo vlevo od středového světla nebo jej protíná uprostřed. Prochází-li uprostřed, nejedná se heteroforii. Jestliže se přímka nachází vlevo od světla, pacient má exoforii. Pokud se nachází vpravo, je přítomna esoforie. Abychom zjistili velikost forie, vkládáme prizma před druhé oko a zesilujeme, dokud se přímka se světlem nepřekryje.

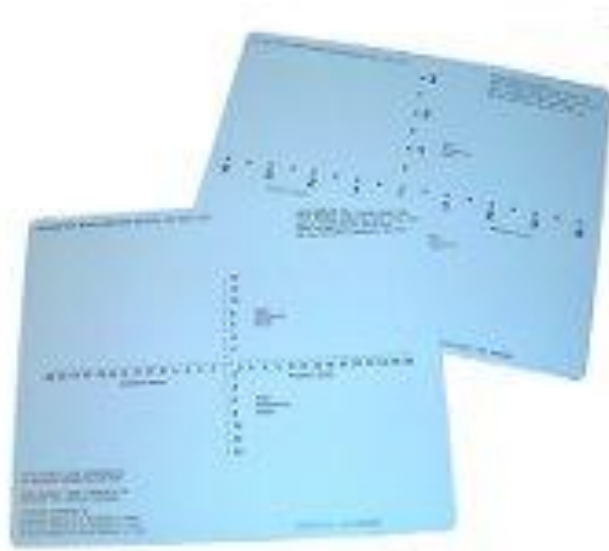
Následovně otočíme cylindr o 90°, aby vrypy byly orientovány vertikálně. Ptáme se, zda je přímka nad, pod nebo přímo prochází světelným bodem. Je – li Maddox před pravým okem a přímka přímo prochází bodem, není přítomna vertikální forie. Je – li posunuta nad světelný bod, jedná se o levou hyperforii (pravou hypoforii). Velikost odchylky zjistíme předkládání prizmatu báží dolů před levé oko nebo báží nahoru před pravé oko, dokud se přímka a světlo nebudou překrývat. Pokud se přímka nachází pod světlem, jedná se o pravou hyperforii (levá hypoforie). Ke zjištění velikosti forie postupujeme obdobně jako v předchozím případě. Mezi časté chyby špatná instruktáž pacienta při vyšetření, kdy pacient nemusí správně pochopit metodiku a pak současně vnímat středové světlo a čáru. Těžké je také stanovení heteroforie u pacientů se strabismem. Chybné je stanovení vertikální forie, která může být navozená optickým přístrojem. Např. provádíme – li toto vyšetření po změření foropterem (automatický přístroj sloužící nejen k vyšetření subjektivní refrakce) [7].

### **Modifikovaný Thoringtonův test**

Tento test se používá ke zjištění velikosti heteroforie. Vyšetřujeme pouze do blízka. Disociace se dosahuje Maddoxovým cylindrem. Sestává se z horizontálně orientovaného testu s písmeny a světlem ve středu karty. Maddox se vkládá před pravé oko orientovaný vodorovně. V místnosti ztlumíme osvětlení a rozsvítíme světlo ve středu Thoringtonova testu. Ptáme se na kontrast znaků, světlo a kde se nachází červená čára (světlo zkreslené Maddoxem) – vpravo, vlevo nebo přímo uprostřed světla. Jestliže se čára prochází skrze světlo, není přítomna horizontální heteroforie. Pokud se vyskytuje vlevo od světla, pacient má exoforii. Pokud se čára nachází vpravo, jedná se o esoforii. Velikost odchylky zjistíme zeptáním se pacienta na číslo na kartě, kterým čára prochází. Následně vložíme příslušné prizma a ověříme, jestli se červená čára prochází světlem. Při vyšetřování vertikálních odchylek otočíme vrypy Maddoxova cylindru tak, aby byly orientovány svisle. Poté se ptáme se pacienta, kde se nachází červená čára – pod, nad nebo prochází skrze středové světlo. Máme – li vložený cylindr před pravým okem a čára je uprostřed světla, není přítomna vertikální forie. Pokud se nachází nad světlem, je přítomna levá hyperforie (pravá hypoforie). Velikost zjistíme tak, že se pacienta



zeptáme na znak čísla, kterým čára prochází. Mezi časté chyby při vyšetřování patří špatné pochopení z pacientovy strany a tím i současné vnímání červené čáry a světla, dále stanovení přítomnosti heteroforie u pacientů se strabismem a nesprávné rozlišení navozené heteroforie, např. předcházelo li vyšetřování na foropteru [7].



Obr.8 Thoringtonův test [22]

### **Von Graefeho metoda**

Tato metoda se používá k vyšetření heteroforie do blízka. Disociace je dosaženo oddělením sítnicových obrazů užitím prizmatu. K rozdvojení obrazu se u této metody používá hranol. Vyšetřujeme do blízka na 40 cm, kdy pacient sleduje stupnici nebo řadu čísel. Hranol nám tuto stupnici rozdvojí a pacient by měl vidět dvě stupnice nad sebou. Ptáme se pacienta, jestli jsou čísla na stupnici jasná a stejně kontrastní. Tak zajistíme dobrou kontrolu akomodace. Pro zjištění exo/esoforie vkládáme 6 – 8 pD bází nahoru před levé oko, pro zjištění vertikálních forií 12 – 15 pD bází k nosu před levé oko. Heteroforie se projeví vzájemným posunem obou obrazů. Vkládáme před druhé oko takové prizma, dokud se obrazy nezarovnají. Pokud jsou stupnice přesně nad sebou,

heteroforie není přítomna. Mezi nejčastější chyby patří navození prizmatické adaptace při neustálém pozorování obou obrazů, nezeptat se pacienta na kontrast a jasnost čísel a neodpovídající stimul pro akomodaci při delší vzdálenosti pozorovaného cíle [6, 7].

### **3.2.2 BLÍZKÝ BOD KONVERGENCE NPC**

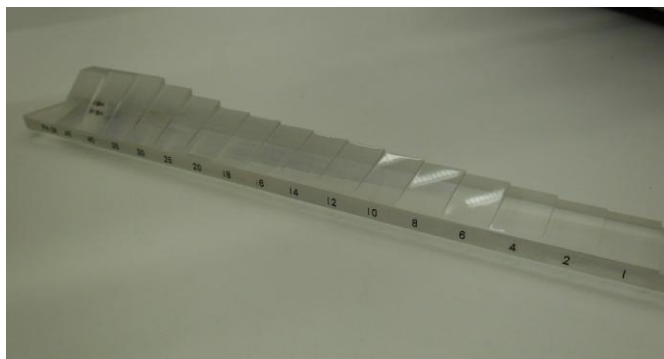
NPC je nejbližší bod, na který jsou oči ještě schopné konvergovat. Jedná se o standardní test konvergenční schopnosti. Je velmi rychlý a snadno proveditelný. Postup je takový, že pacient fixuje světelný bod nebo hrot tužky, který mu přibližujeme ze vzdálenosti zhruba 45cm. Přibližujeme, dokud pacient neuvidí rozdvojený obraz. Vzdálenost měříme pravítkem v cm nebo popř. mm od kořene nosu. Pacient nám může hlásit, že vidí hrot tužky stále ostře, přitom se dívá jen jedním okem a druhé oko se mu nevědomky stočí zevně a přestane fixovat. Proto je důležité pacienta, resp. jeho oči, sledovat. Zapišeme vzdálenost, kdy se oko uchýlí. Po té oddalujeme od kořene nosu při fixaci hrotu do té doby, než pacient zase uvidí ostrý jednoduchý obraz. Hodnotu zapišeme. Výslednou hodnotu získáme zprůměrováním obou naměřených hodnot. U dětí bývá 5 cm, u dospělých kolem 8 cm. Abnormální hodnoty jsou vyšší než 10 cm. Výzkumy ukazují, že bližší NPC je běžnější než vzdálenější a úzce souvisí se symptomy. Častou chybou může být příliš rychle nebo naopak pomalé přibližování fixovaného předmětu, držení jej nahoře nebo níže než je primární pohled a nesledování očí pacienta [3, 7].

### **3.2.3 FÚZNÍ REZERVY FR**

Termín fúzní rezervy byl použit jako stanovení zřejmého označení klinické informace pojednávající o rozsahu vergence. Měření fúzních rezerv je velmi důležitým testem k zhodnocení binokulárního vidění. Heteroforie jsou latentní dysfunkce a jsou korigovány senzoricou fúzí. Toto vyšetření ukáže, zda je potřebná korekce heteroforie. Vyšetřujeme maximální možnou konvergenci (pozitivní FR, významná při exoforii), divergenci (negativní FR, významná při esoforii), supravergenci a infravergenci na danou vzdálenost, kdy je zachováno jednoduché binokulární vidění. Bylo zjištěno, že během osmihodinové práce s počítačem významně klesá rozsah vergence, tedy pozitivní

i negativní fúzní rezervy. K vyšetření fúzních rezerv je třeba prizmatická lišta a optotyp. Předkládáme prizma bází temporálně, čímž se stimuluje konvergence a vzniká diplopie nazvaná PFR. Předkládáme – li prizma bází nazálně, je stimulována divergence a vzniká diplopie nazvaná NFR. Vyšetřujeme do dálky i do blízka. Prvotně je pacienty nahlášen bod rozmazání při naručení akomodačního reflexu. Bod rozmazání by neměl nastat při měření negativních fúzních rezerv do dálky, neboť akomodace je na svém minimu a nemůže vzniknout reflex až na tento bod [6, 7].

Nejprve pacientovi vysvětlíme test jako rozsah síly očních svalů udržet vidění ostré a jednoduché. Pacient pozoruje nejmenší písmeno na optotypu, které přečte pohodlně a ostře ze vzdálenosti 5 – 6 m. Dobré je mít znak samostatný, aby byla zajištěná přesná fixace a akomodace. Nejprve měříme horizontální fúzní rezervy. Pokud má pacient např. exoforii, první měříme pozitivní fúzní rezervy. Před oko předložíme prizmatickou lištu bází temporálně, pokud tedy vyšetřujeme PFR. Postupně prizma zesilujeme, dokud pacient nehlásí rozmazání. Stále zesilujeme, dokud pacient nevidí písmeno rozdvojené. Pak hodnotu prizmatu postupně zeslabujeme, dokud pacient nevidí písmeno ostré a jednoduché. Hodnoty prizmatu bodu rozmazání, rozdvojení a opětovné spojení zaznamenáme do protokolu. Pokud vyšetřujeme NFR, předkládáme prizma bází nazálně a postupujeme stejně jako v předchozím případě. K vyšetření vertikálních forií se užívá lišta s vertikálním prizmatem. Pacient sleduje nejmenší znak, který pohodlně přečte. Pokud vyšetřujeme supravergenci, vkládáme prizma bází nahoru před pravé oko. Pokud vyšetřujeme infravergenci, vkládáme prizma bází dolů před pravé oko. Před oko předložíme prizmatickou lištu a prizma postupně zesilujeme. Zaznamenáváme body rozdvojení a opětovného spojení, které nám nahlásil pacient při zesilování a následném zeslabování síly prizmatu. Vertikální rezervy nemají bod rozmazání. Normální hodnoty vertikálních fúzních rezerv jsou 2 – 4 pD. Obdobně postupujeme i při vyšetřování do blízka. Mezi nejčastější chyby patří měření bodu rozmazání při vyšetřování negativních fúzních rezerv do dálky nebo u vertikálních forií, provádění testu u pacientů, kteří nemají binokulární vidění a nevhodný stimul akomodace [7].



Obr. 9 Prizmatická lišta

|                | 40 cm      | 6 m        |
|----------------|------------|------------|
| Bod rozmazání  | 20 – 28 pD | 12 – 16 pD |
| Bod rozdvojení | 26 – 34 pD | 18 – 22 pD |
| Bod spojení    | 22 – 30 pD | 14 – 18 pD |

Tab.1 Normální hodnoty PFR [6]

|                | 40 cm      | 6 m       |
|----------------|------------|-----------|
| Bod rozmazání  | 6 – 10 pD  | nenastává |
| Bod rozdvojení | 12 – 18 pD | 6 – 12 pD |
| Bod spojení    | 8 – 14 pD  | 4 – 8 pD  |

Tab.2 Normální hodnoty NFR [6]

### 3.2.4 VERGENČNÍ SCHOPNOST VF

Vergenční facilitita je schopnost vergenčního systému oka dostatečně rychle a přesně reagovat na změny vergenčního požadavku. Vyšetřujeme na blízko ze vzdálenosti 40 cm. Pacient sleduje nejmenší řádek na optotypu, který pohodlně přečte

s vízem horšího oka. Během jedné minuty střídavě předkládáme před jedno oko 12 prizmatický dioptrií (pD) bází ven a 3 pD bází dovnitř. Předložíme první prizma s hodnotou 12 pD a čekáme, dokud pacient neohlásí ostrý a jednoduchý obraz. Pak předložíme prizma s druhou hodnotou 3 pD. Výsledná hodnota pak je počet cyklů (výměn) za minutu. Abnormální hodnoty jsou pod 9 cyklů, norma je kolem 15 cyklů. Nejčastější chybou je nevhodná velikost pozorovaných znaků a nadhodnocení výsledku při špatném sčítání výměn [7].

U jedné studie (P. T. Yeow, S. P. Taylor) bylo změřeno, že vergenční facilitata souvisí se syndromem suchého oka. Čím větší hodnoty vergenční facility byly na začátku pokusu před zahájením práce na počítači změřeny, tím více se obtíže projeví.



Obr. 10 Prizmatický fliper

### 3.3 Vergenční dysfunkce

Binokulární vidění je koordinace a integrace podnětů přicházející ze dvou samostatných očí do jednoho vjemu. Funkčnost binokulárního systému závisí na faktorech, které spadají do anatomie zrakového aparátu, motorického a senzorického

systemu. Poruchy můžeme rozdělit na strabismus, který byl popsán výše, a na heteroforii, neboli skryté šilhání, kterým se budeme zabývat v této kapitole.

Heteroforie znamená, že je porušena vzájemná spolupráce očí a je charakterizována porušenou bifoveální fixací. Projeví se při zrušení fúze. Podle očních lékařů se vyskytuje u 70 - 80% populace. Můžeme ji rozdělit na kompenzovanou (bez symptomů) a dekompenzovanou, která působí obtíže. A to zejména pálení a slzení očí, světloplachost, dvojitě vidění, bolesti hlavy, oslabená stereopse, potíže při změně vzdálenosti zaostření a ztráta koncentrace. Symptomy se obvykle dostaví při únavě, zrakově náročné práci do blízka, při nemoci a to převážně v pozdních hodinách.

Podle směru úchylny klasifikujeme heteroforii na esofozii (při disociaci se zrakové osy sbíhají.), exofozii (při disociaci se zrakové osy od sebe oddalují.), hyperfozii (zrakové osy při disociaci jsou od sebe vertikálně posunuty. Jestliže je pravé oko výše – mluvíme o pravé hyperfozii. Pokud je výše levé oko – mluvíme o levé hyperfozii.) a cyklofozii (Při disociaci očí zrakové osy rotují. Jestliže se otáčí základní vertikální meridián nazálně, mluvíme o incyklofozii. Pokud se otáčí temporálně, jedná se o excyklofozii) Druhá metoda klasifikace je podle vzdálenosti fixace. Tedy heteroforie do dálky, obvykle vyšetřovací vzdálenost 6 m a heteroforie do blízka na 30-45 cm. Forie může být symptomatická jen pro určitou vzdálenost. Proto je důležité vyšetřovat na vzdálenost, ve které pacient nejčastěji pracuje, např. na obrazovku monitoru [8].

Většina dětí má malou exofozii do blízka. Mezi pátým a desátým rokem je nepatrná změna v heteroforii do blízka, a to pokles exoforie a vzestup esofozie. V dospělosti zůstává průměrná forie stejná. Po 65. roce může hodnota exoforie do blízka vzrůst až o 6 pD [8].

### **3.3.1 Esofozie**

Výsledkem akomodačně-konvergentních vztahů u této poruchy je, že nadměrná akomodace produkuje nadměrnou konvergenci. Esofozii podle Duane-White klasifikace dělíme na základní esofozii, exces konvergence a insuficienci.

## Základní esoforie

Hodnota esoforie se významně neliší s různou fixační vzdáleností.

## Exces konvergence

Velikost esoforie do blízka je větší než do dálky. Hlavní příčinou může být nadměrné akomodační úsilí, které vychází z nekorigované hypermetropie, brzké vetchozrakosti, křeče akomodace nebo pseudomyopie. Dalším důvodem vzniku je dlouhotrvající práce do blízka nadměrně zatěžující zrak. AC/A poměr je větší než 6. Vyskytuje se u mladých lidí a doprovází jej stres a úzkost. Dále u počínající presbyopie, protože ciliární sval musí vyvíjet větší úsilí pro akomodaci. A v neposlední řadě nepřiměřená konvergence do blízka [8].

Vyšetření excesu konvergence by mělo vyžadovat plné rutinní vyšetření včetně cykloplegické refrakce. Symptomy souvisí s dlouhodobým namáháním očí do blízka. Především se exces konvergence projevuje bolestí hlavy, vyčerpáním a rozmazaným viděním [8].

## Insuficience divergence

Velikost esoforie do dálky je větší než do blízka. Do etiologie spadá nekorigovaná hypermetropie, anatomické faktory (abnormální tvar orbity), neurotická povaha (může souviset s emočním stavem) a z patologického hlediska např. syndrom získaného selhání imunity AIDS. Podle jedné studie (Espana-Gregori 2001) jsou tyto nemocní více esofořití než exofořití [8].

Při vyšetřování si všímáme symptomů, které jsou typicky do dálky. Obvykle chybí nebo jsou utlumeny ráno, vyjma bolestí hlavy v přední části lebky. Dále se projevuje dvojité vidění a rozmazané do blízka, jestliže je hypermetropie nekorigovaná. Z tohoto důvodu je důležité dávat pozor na refrakci. U mladých pacientů se značnou esoforií je doporučeno provádět cykloplegii. V prvním případě by se měnily zvážít patologické faktory a také možnost, že esoforie může být znakem obrny VI. hlavového nervu [8].

### 3.3.2 Exoforie

Exoforie se jeví jako více pasivní stav než esoforie. Což je dáno divergentním anatomickým postavením bulbů ve stavu bez jakékoliv inervace. Divergence může být myšlena jako relaxace konvergence spojená s relaxací akomodace a oči se nerozbíhají během normálního paralelního vidění. Diagnóza není vždy zcela jasná. Exoforii podobně dělíme na základní exoforii, exces divergence, pravou insuficienci konvergence a oslabenou konvergenci [8].

#### Základní exoforie a pravá insuficience konvergence

Velikost exoforie u základní formy se s různou vzdáleností významně neliší. U insuficience konvergence je exoforie větší do blízka než do dálky. Do etiologie můžeme zařadit anatomické a fyziologické faktory jako např. hyperfunkce vnějších svalů abduktorů nebo nekorigovaná myopie může navodit špatné vztahy mezi akomodací a konvergencí. Příčinou je i absolutní hypermetropie. Pokud je vysoká, je stupňovaná s amplitudou akomodace, dokud nedosáhne věku, kdy už není schopna vyakomodovat refrakční chybu. Anebo excentrická suprese. Mezi symptomy patří bolesti v přední části hlavy spojené s dlouhodobým namáháním očí do blízka, únava a někdy občasná diplopie [8].

#### Exces divergence

Velikost odchylky do dálky je větší než do blízka. Tento stav se mnohdy může změnit na divergentní strabismus. Někdy je definovaná jako odchylka, jejíž rozdíl do dálky a do blízka je větší jak 15 pD. Postihuje většinou ženy ve středním věku. Příčiny excesu divergence nejsou zcela jasné, i když existuje spousta dohadů týkající se důležitosti anatomických a tonických faktorů. Pacienti si stěžují na občasnou diplopii, často se vyskytuje suprese. Odchylka je zřetelnější s únavou, stresem, oslabeným zdravím a alkoholem [8].



## Oslabená konvergence

Jedná se o nedostatečnou schopnost udržet komfortní vidění do blízka. Můžeme jej chápat jak dočasnou dekompenzovanou exoforii. Příčinou může být nedostatečné používání akomodační konvergence z důvodů nekorigované myopie, absolutní hypermetropie a prebyopové nosící stále čtecí brýle. Dále nedostatečná akomodace, dlouhodobá práce na počítači (vzdalování blízkého bodu akomodace a konvergence), velká pupilární distance, dlouhodobé nepoužívání oka např. při amblyopii a vyčerpanost organismu. Symptomy se projevují problémy do blízka, dále únavou, bolavé oči, občasným rozostřením obrazu, dvojitým viděním a bolestí hlavy [8].

### 3.3.3 Hyperforie

Hyperforie je odchylka jednoho oka směrem nahoru nebo dolů při disociaci. Termín hypoforie označuje odchylku oka směrem dolů, ale tento název se příliš neužívá. Popisujeme pouze odchylku směrem nahoru buď jako pravou nebo levou. Pravá hyperforie je to samé jako levá hypoforie. Vertikální odchylky se vyskytují většinou na jednom oku, které vedou k amblyopii. Můžeme rozlišit tento stav jako primární nebo sekundární (vznikající v přítomnosti velké horizontální heteroforie – eso nebo exoforie). Hyperforie nesouvisí s konvergenčním systémem, a proto příčiny lze hledat v anatomii. Ačkoli stres zrakového systému může mít vliv na dekompenzovanou hyperforii. Ve většině případů se jedná o paralýzu horního šikmého okohybného svalu. Mezi symptomy patří bolesti hlavy, oční bolest, diskomfort a blefaritida. Jediným řešením je vertikální prizma [8].

### 3.3.4 Cykloforie

Není zcela jisté, jestli cykloforie je primárním stavem. Většinou je přítomna u inkomitantních odchylek. Z tradičního hlediska neexistuje motorická cyklovergence a je těžké od sebe rozpoznat cykloforii a cyklotropii. Jak už bylo zmíněno dříve, dle směru rotace rozlišujeme incykloforii a excykloforii [8].

### 3.4 Řešení vergenčních poruch

Vergenční poruchy řešíme tehdy, jedná – li se o dekompenzovanou heteroforii, která působí potíže. Jako první korigujeme refrakční vadu, neboť špatná nebo žádná korekce může způsobovat astenopické potíže. Důležitá je také správná centrace. Jinou možností je úprava sférické korekce, a to u esoforie úprava plusovými dioptriemi a u exoforie minusovými dioptriemi. Minusové předepisujeme jen jako dočasné řešení u mladých lidí. Zrakový trénink může sloužit ke zlepšení fúzních rezerv pomocí brock string, pencil push ups cviků a free space fusion techniky nebo ke zlepšení konvergenčních schopností pomocí pencil push ups, brock string a hart chart [6].

Další možností řešení vergenčních poruch je prizmatická korekce, které se vkládá do obruby bází proti odchylce. U exoforie bází nasálně, u esoforie bází temporálně, u hyperforie bází dolů a bází nahoru u hypoforie. Nejprve korigujeme vertikální dysfunkce, které mnohdy upraví i horizontální. Kontraindikací je prizmatická adaptace. Zjistíme ji tak, že necháme pacienta nosit prizma 5 minut. Po té přeměříme forie. Pokud se forie navýší, je přítomná silná adaptace a prizma není vhodnou korekcí pro řešení těchto poruch [6].

Prizma je hranol ve tvaru klínu. Skládá se z báze, dvou lomných ploch a vrcholu. Paprsek procházející prizmatem se dvakrát láme, a to vždy směrem k bázi. Obraz pozorovaného předmětu se tedy posunuje blíže k vrcholu. Sílu prizmatu vyjadřujeme v prizmatických dioptriích **pdpt (pD)**. Účinek daného prizmatu je pro různé vzdálenosti jiný. Prizma o síle 1pD odkloní paprsek ve vzdálenosti 5m o 5cm, ve 2m o 2cm [3].

Prizma využíváme v diagnostice k měření úchylky, ke zjištění přítomnosti fúze, měření šířky fúze, zjištění sítnicové korespondence, adaptační prizmatický test a měření cyklodeviace. Dále v terapii k léčbě tupozrakosti, ke cvičení kladné a záporné šíře fúze, nacvičování jednoduchého binokulárního vidění v prostoru a k předpisu do brýlových obrub v přítomnosti heteroforie působící astenopické potíže [3].

Typy prizmatických čoček:

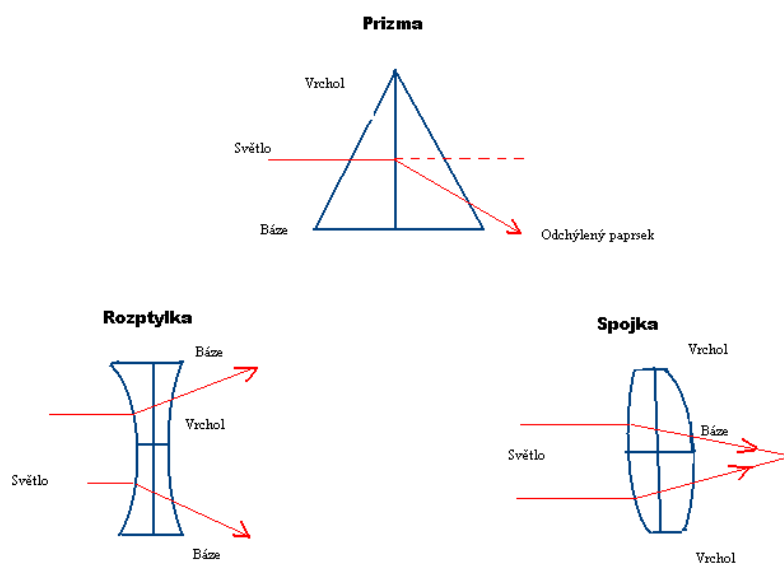
**Telerovy** čočky jsou skleněné okrouhlého tvaru. Nevýhodou je jejich tloušťka a hmotnost.

**Waferova** čočka je umělohmotná řada malých prizmat s bázemi orientovanými jedním určitým směrem. Díky materiálu, ze kterého je vyrobena, je lehká a tenká.

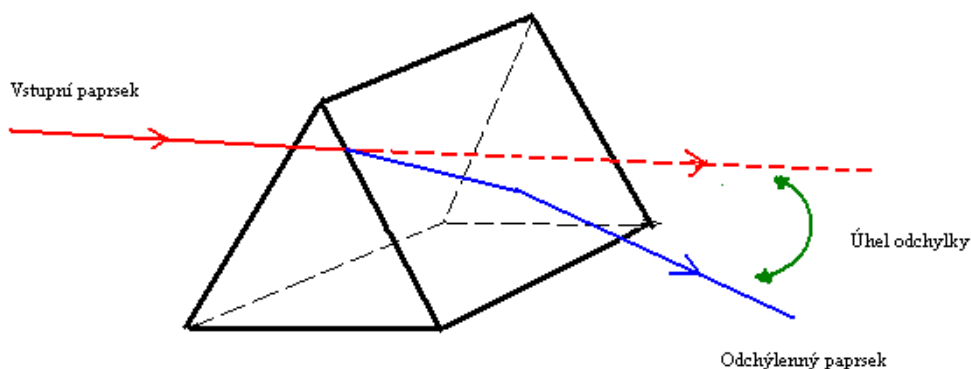
**Fresnelovo** prizma je nejnovější typ. Jedná se o folii z umělé hmoty, která je samolepící a dá se tak snadno lepit na brýlové sklo. Skládá se z mikroprizmat, které jsou nahuštěny a jejich báze jdoucími stejným směrem. I při vyšších hodnotách prizmatických dioptrií tloušťka folie nepřesahuje 0,8mm. Nevýhodou je snížení vízu.

K **ortoptickým účelům** se používají skleněná prizmata tvaru čtverce. Jsou buď v sadách, nebo ve formě lišty.

**Herschelovo otočné** dvojprizma jsou 2 okrouhlé hranoly o síle 15 pD. V obrubě jsou proti sobě a otáčením můžeme sílu plynule měnit až do 30 pD [3].



Obr .11 Průchod paprsku rozptylkou, spojkou a prizmatem



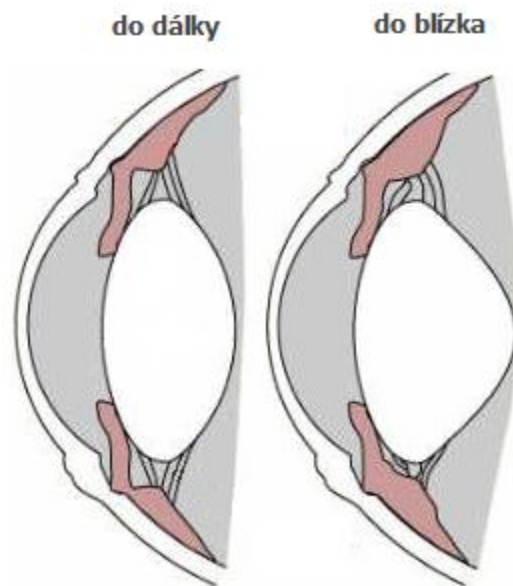
Obr. 12 Konstrukce a chod paprsku prizmatem

### 3.5 Vzájemný vztah akomodace a konvergence

S vergencí úzce souvisí akomodace. Akomodace dává impuls ke konvergenci a konvergence dává impuls k akomodaci. Akomodace je schopnost oka zaostřit na předměty v různých vzdálenostech. Podnětem je rozmazaný obraz. Při pohledu do dálky je čočka oploštělá a u emetropického oka (bez refrakční vady) je akomodace nulová. Při pohledu do blízka dochází ke kontrakci ciliárního svalu za duhovkou, čímž se uvolní vláknitý aparát, na kterém je zavěšena čočka. Čočka se vyklene a tlakem sklivce se lehce posune dopředu, čímž zvýší svoji optickou mohutnost. S věkem klesá pružnost čočky a závěsný aparát se prověsí [5].

Běžnější diagnózy u uživatelů monitoru jsou právě akomodační obtíže než vergenční. Tato infacilita je definována jako neschopnost provést 20 cyklů za minutu a půl za použití plusového a minusového 1,5 D flipru. Postupuje se podobně jako při vyšetřování vergenční facility, kde je užit prizmatický fliper s bází 3BI a 12 BO. Pozorované znaky při změně dioptrií musí být viděny čistě a jednoduše. Vyšetřuje se jak monokulárně, tak i binokulárně. Právě významné změny i po krátkodobé činnosti na displejích přístrojů se projevují zejména u binokulární akomodační facility (mírný vzrůst), mnohem méně nebo spíše vůbec u monokulární akomodační facility a facility

vergenční. Přesto nelze vysvětlit, proč se projevují obtíže a okulomotorická únava. Nejspíše to souvisí se syndromem suchého oka (P. T. Yeow, S. P. Taylor) [26].



Obr. 13 Akomodace [23]

Rozlišujeme několik **typů akomodace**, a to tonickou, konvergenční, proximální, reflexní a volní. Tonickou navozuje ciliární sval v řasnatém tělísku svým klidovým působením. Konvergenční je navozena konvergencí. Odhadem vzdálenosti se navodí proximální akomodace. Rozmazaný obraz je stimulem reflexní akomodace a volní je ovládaná vůlí [1].

*Akomodační konvergence:* je konvergence navozená akomodací. Když začnou oči akomodovat, je zároveň dán impuls divergenčnímu systému, aby se zvýšila konvergence o akomodační konvergenci.

*Konvergenční akomodace:* je akomodace navozená konvergencí. Když začnou oči konvergovat, je současně dodán impuls pro akomodační systém, aby se zvýšila akomodace o konvergenční akomodaci.

*AC/A poměr:* je poměr akomodační konvergence a akomodace. Normální hodnota je 3:1 pD/D. Udává, jak silný konvergenční podnět vytváří daná akomodace.

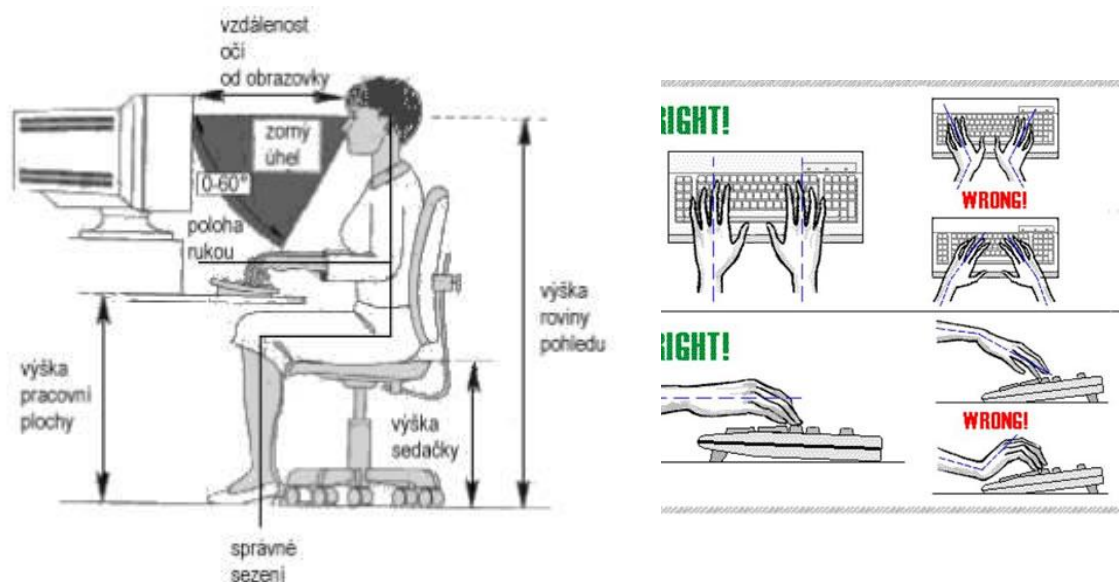
*CA/C poměr*: je poměr mezi konvergenční akomodací a konvergencí. Normální hodnota je 1:10. Udává, jak silný podnět k akomodaci je vytvořen danou konvergencí [1].

## 4. Práce s počítačem

Nejen ve volném čase, ale i čím dál častěji v zaměstnání se setkáváme s prací na počítači nebo na přístrojích, jejichž součástí je monitor. S tím je spojené určité množství obtíží, jako např. bolavá záda a krk, jednostranná svalová námaha, přetěžování kloubů, stres a psychická nepohoda. Nejvíce však trpí naše oči, tvoří téměř 80% ze všech potíží. Není důvod se obávat, že by mohlo dojít k poškození oka, jedná se o narušení zrakové pohody. Nejvíce si lidé v takových pracovních podmínkách stěžují na pálení očí, pocit řezání, slzení, červené oči, citlivost na světlo, rozmazané až dvojité vidění. To je spojené s celkovým vyčerpáním, bolestí hlavy a nevolností. Se zvýšeným úsilím svalů při námaze do blízka se může objevovat dočasná myopie. 40 000 let se prý oči víceméně nezměnili, ale za posledních sto let vlivem více náročnějších prací do blízka došlo k nárůstu myopické populace [12].

K potížím dochází, nejsou – li splněny tyto podmínky: dostatečné osvětlení předmětů a podráždění fotoreceptorů musí trvat určitou dobu, aby vznikl zrakový vjem. Proto je důležitá úprava pracovního místa a dodržování zásad jako je občasné podívání se do dálky, zakrytí očí dlaněmi, často mrkat (u práce s obrazovkou klesá frekvence mrkání na 40%), zabránit oslňování, dělat přestávky a provádět cviky k posílení konvergence. Mezi uvolňovací cviky patří promasírování zavřených očí a celého obličeje, zavřít oči a pár vteřin usilovně svírat víčka a pak 20x zamrkat – opakovat pětkrát. Nebo střídat pohledy nahoru a dolů, pohledy do stran, dále na kořen nosu. Před sebou opisovat očima velké písmeno H nebo A, kroužení očima. Opláchnout obličej nebo jen oči přes víčka chladnější vodou. Co se týče uspořádání – pracovní stůl by měl být ve výšce maximálně 65 cm, vzdálenost monitoru, klávesnice a textu 45 – 70 cm, horní hrana obrazovky v rovině očí (výše polohovaná obrazovka – vyšší zátěž), osy vidění v klidovém postavení stočeny 15° – 20° dolů a hlava s tělem by měla svírat 10°-15°. Dále zamezit přílišnému osvětlení a světelných odlesků, nechvějící se písmena, obraz by měl být klidný (toho lze docílit dostatečným rozdílem mezi světlostí obrazovky a písma), dostatečná vzdálenosti mezi písmeny a jejich velikost, aby byla snadno rozlišitelná. Dobrou rozlišitelnost také ztěžuje fakt, že písmena na obrazovce nemají ostré hrany jako na papíře. Světelné reflexy jsou méně rušivé, proto se doporučuje spíše negativní kontrast – černé znaky na světlém pozadí. Čitelnější je vyšší kontrast jasu než barevný kontrast. Kromě tradiční černobílé kombinace lze použít

barvy s velkým jasem jako např. modrožlutá. Také vyšší osvětlení pracovního prostředí způsobuje, že znaky na obrazovce jsou méně syté [9, 12].



Obr. 14 Ergonomie práce s počítačem [24, 25]

Monitor klade na oči velké nároky. K očním obtížím může přispět nevhodný kontrast obrazovky, velikost a formy písma a světelné podmínky. Dále i nekorigované refrakční vady, neboť takto pracující člověk neustále mění pohledové směry a vzdálenosti při různých světelných podmínkách. Tudíž je namáhána akomodace a adaptace. Problémy mají zvláště lidé nad 40 let, u nichž již začala presbyopie a lidé trpící některým typem heteroforie. Uvádí se, že asi u 50 % lidí, které mají oční problémy, je přítomna právě heteroforie [9].

Nejčastější obtíží je suché oko, které trápí dokonce třetinu pacientů v očních ordinacích. Projevuje se pocitem sucha, pálením, řezáním a zarudnutím očí způsobené nedostatkem slz nebo jinou poruchou slzného filmu. Nejen užíváním umělých slz, ale i častým mrkáním, by se mělo těmto obtížím zamezit. Pokud tedy příčina onemocnění není způsobena celkovým onemocněním organismu, hormony nebo se jedná o vedlejší účinek některých léků [9, 12].



Při vyšších nárocích na zrak při práci s počítačem a jiných displejích je také zapotřebí dobrá zraková ostrost. Při standardní vzdálenosti počítače a oka - 60 cm a velikosti písma 4 mm, je nutný vízus alespoň 0,4, aby člověk mohl pracovat pohodlně bez zrakových potíží. Pro dlouhodobější práci snadněji a pohodlněji vykonatelnou je už požadován vízus 0,7. Špatná nebo žádná korekce je jednou z hlavních příčin astenopických potíží. Důvodem dvojení obrazu je únava a nadměrné zatížení zraku, které dekompenzuje centrálně nervovou kompenzaci heteroforií. Porucha spolupráce konvergence a akomodace, anisometrie a jiné patologické stavy ztěžují práci na počítačích. Existující nedostatky optického systému a binokulární spolupráce způsobují oční problémy při práci s monitorem. Při pokusech na adaptaci jasu, bylo zjištěno, že po 4 hodinách práce na počítači poklesla rychlost akomodace, zmenšil se průměr zornice a prodloužil se reakční čas reflexu zornice na světelný podnět [9, 12].

Je rozdíl, sledujeme – li počítačový monitor nebo televizní obrazovku. Televizi pozorujeme z větší vzdálenosti, není tedy namáhána akomodace, a proto náš zrak není tolik zatížen. Hlavní důvod je ale ten, že informace z počítače jsou zobrazovány pomocí alfanumerických znaků a náš zrak se zaměřuje na detaily ze vzdálenosti zhruba 60 cm. Bylo prokázáno, že k výraznější oční nepohodě dochází po 4 až 6 hodinách práce [12].

## **5. Praktická část**

V experimentální části této práce jsem se zabývala srovnáním parametrů vergence – blízký bod konvergence, fúzní rezervy, vergenční schopnost a dále refrakce a vízu během činnosti do blízka, a to úkolu na počítači a čtení textu.

### **5.1 Úvod do problematiky**

Jak už bylo řečeno, počítače a přístroje, jejichž součástí jsou monitory, neodmyslitelně patří k našemu životu. Proto je důležité zmapovat jejich důsledky na náš organismus, a to především na oči. Vzájemná spolupráce vergence a akomodace je velmi důležitá pro správné fungování celého zrakového aparátu a následnímu uvědomění zrakových vjemů. V praktické části diplomové práce se budeme věnovat základním parametrům vergence a možným důsledkům vlivu monitoru na oko, a to případné změny blízkého bodu konvergence, vergenční facility, refrakce, vízu a pozitivních/negativních fúzních rezerv, jak do blízka, tak i do dálky.

### **5.2 Metodika práce**

Měření probíhalo na Přírodovědecké fakultě Univerzity Palackého v Olomouci na katedře optiky v laboratoři optometrie. Měření probandů probíhalo podle postupů vyšetřování blízkého bodu konvergence NPC, vergenční facility a fúzních rezerv popsanych v předchozích kapitolách. Refrakce a vízus se vyšetřovaly na běžných optotypech se Snellovými znaky ze vzdálenosti 6 metrů.

Vyšetřovaných probandů bylo 15 ve věku od 20 do 27 let, a to z toho důvodu, aby byl zaručený ukončený vývoj oka, dále aby se vyloučily obtíže spojené s presbyopií a jiné věkem podmíněné patologie. Měřilo se jen v dopoledních hodinách, aby se zabránilo příliš velké únavě očí, která by ovlivňovala hodnoty měření. Vyšetřování bylo prováděno ve třech krocích. Na prvním měření se zjišťovala změna daných parametrů po 30 minutách strávených na netbooku hraním hry Worms Reloaded. Tato hra je pestrobarevná a dotyční probandi byli nuceni „těkat“ očima po celé obrazovce. Vyšetřovací vzdálenost byla přizpůsobena potřebám a pohodlí vyšetřovaných osob.

Tato probandy zvolená vzdálenost musela být konstantní po celou dobu plnění úkolu. Vyšetřovací vzdálenost se pohybovala v rozmezí 43 až 57 cm, průměrná hodnota vyšetřovací vzdálenosti činila 49,8 cm. Na druhém měření byla zaznamenávána změna hodnotvergence a refrakce po půl hodině čtení běžného textu. Vyšetřovací vzdálenost byla taktéž přizpůsobena pohodlnému provádění úkolu, a to v rozsahu od 30 po 51 cm. Průměrná hodnota čtecí vzdálenosti byla 40,36 cm. Poslední měření bylo kontrolní, kdy se provedlo měření parametrů a po 30 minutách byly tyto parametry znovu přeměřeny. Probandi během této půl hodiny se nesměli dívat do blízka. Do protokolu byly zaznamenávány hodnoty NPC, vergenční facility, pozitivních i negativních fúzních rezerv do blízka a do dálky, refrakce a vízus před činností a po ní.

### **5.3 Výsledky a diskuze**

V této kapitole budou popsány výsledky měření, ke kterým jsme dospěli. Výsledky měření byly podrobeny statistickému přepočtu, konkrétně t-testu. Statisticky významné jsou vypočítané hodnoty pod 0,05. Na závěr je srovnání se studií, která se zabývala především změnami refrakce z hlediska krátkodobé i dlouhodobé vlivu monitoru na oko provedenou v roce 1989 a 1991 (P. T. Yeow, S. P. Taylor). V příloze jsou pak tabulky konkrétních hodnot všech měření [26].

#### **Refrakce a vízus**

Refrakce se změnila jen v pěti případech o 0,25 D na jednom oku po činnosti na počítači. Po čtení se refrakce zvýšila o 0,25 D ve dvou případech a o 0,50 D v jednom případě na jednom oku. U myopů došlo zvýšení myopie a u hypermetropa ke zvýšení hypermetropie. Těmto výkyvům ovšem nelze přisuzovat větší význam, mohou souviset se subjektivně zrakovou pohodou po vykonaném úkolu. Vízus se ani v jednom případě nezměnil, což jsme ani nepředpokládali.

## **NPC**

Jak se uvádí v jiných studiích, tak i při našem měření po krátkodobé činnosti byly naměřeny změny v posunutí blízkého bodu konvergence dále od oka. Tyto změny jsou ovšem dočasného rázu. Změna NPC byla znatelnější po 30 minutách strávených sledováním monitoru než u čtení textu v papírové formě. Průměrná hodnota NPC před zahájením činnosti činila 4, 45 cm a průměrná hodnota NPC po ukončení hraní počítačové hry byla 5, 62 cm. Průměrná změna NPC byla vypočítána jako hodnota 1, 16 cm.

Průměrná hodnota NPC před zahájením čtení činila 4, 35 cm. Po ukončení činnosti byla vypočítána průměrná hodnota NPC 4, 93 cm. Průměrná změna pak je 0,716 cm. Z těchto výsledků lze vyvodit, že při práci do blízka se vzdálenost NPC prodlužuje i za krátkou dobu. Výraznější změna je ovšem při sledování monitoru než při čtení. Podle studií z hlediska dlouhodobého hlediska se NPC nemění. Podle výpočtu t-testu, jsou změny NPC statisticky významné u práce na počítači (t-test 0,03). U čtení se tato statistická významnost neprokázala (t-test 0,18) [26].

## **Vergenční facilitita**

Vyšetřování bylo prováděno obdobně, jak je popsáno dříve v předešlé kapitole, a to záznam počtu cyklů za jednu minutu. Vergenční facilitita se jak u práce s monitorem, tak u čtení, zvyšovala i snižovala o různé hodnoty. Průměrná změna u úkolu s monitorem byla 2, 26 cyklů a u úkolu se čtením 2,5. Není tedy velký rozdíl v typu činnosti, která byla vykonávána. Statisticky tyto změny nejsou významné (podle t – testu, hodnoty testu byly vyšší jak 0,05) a vliv monitoru zde nehraje žádnou roli.

## **Fúzní rezervy**

K výrazným změnám ve fúzních rezervách nedošlo. Byly sice naměřeny malé výkyvy, většinou o 2 maximálně o 4 pD, ale ty byly zaznamenány i v kontrolním měření. Po práci na počítači se změny projevily spíše při vyšetřování pozitivních fúzních rezerv BO než u negativních BI, ale i to nepovažujeme za statisticky významné.

U čtení to bylo zhruba stejné. Ale jak bylo zmíněno, tyto změny jsou tak malé, že je nebudeme považovat za důležité.

## Diskuze

Na toto téma, jak užívání přístrojů s monitorem ovlivňuje zrak, bylo provedeno několik studií. Z krátkodobého hlediska byly v některých prokázány *dočasné změny* a v jiných se vliv na akomodaci a konvergenci neprokázal. Tyto studie však byly kritizovány za nedostatečnou nebo nevhodnou kontrolní skupinu, špatnou metodiku, nevhodně zvolenou techniku a nevhodnou statistickou analýzu.

Většinou byly zadány podobné úkoly a studie se prováděla ve spolupráci se sekretářkami nebo zaměstnanců pracující celý den v kanceláři s počítači. Měření probíhalo celý jeden pracovní den. Hlavním předmětem těchto studií [26] byla refrakce. Důležitým sledovaným faktorem byl věk. U presbyopů a myopů docházelo k výraznějším myopickým změnám, ale i ty nebyly shledány statisticky významné. Refrakce se jinak změnila zhruba o 0,12 D. Dále se měřil blízký bod konvergence a akomodace. Prokázalo se jejich oddálení od oka. Což se potvrdilo i v naší práci. Blízký bod akomodace a konvergence také může být ovlivněn směrem pohledu. Závěrem z toho plyne, že nejsou významné rozdíly mezi každodenní prací na počítači a práce bez používání monitoru. Nepotvrdil se žádný škodlivý efekt na zrakové funkce. V úvahu by se ale měl brát věk, kdy vlivem nastoupení presbyopie dochází k rychlejší únavě akomodace a to ovlivňuje akomodačně – konvergenční vztahy. Právě ze špatné či žádné korekce dochází k astenopickým potížím, protože rychleji nastupuje únava zraku.

Z dlouhodobého byla provedena studie trvající 2 roky. Probandi byli zaměstnanci v kancelářích a prováděli podobné úkoly. Měření bylo prováděno každé 3 měsíce. U myopů pod třicet let byly naměřeny významnější změny (-0,14+/-0,30 D) než u myopů nad třicet let ( 0,02+/-0,27 D). Také se porovnávaly rozdíly mezi ženami a muži. Více myopickým změnám se podřizovaly ženy. Stejná situace nastala u hypermetropů. Skupina hypermetropů do třiceti let se po změření jevila více hypermetropická (+0,21+/-0,33 D) než skupina hypermetropů nad třicet let (0,00+/-0,25 D). Skupinka emetropů bez ohledu na věk vykazovala hypermetropické změny o

+0,06+/-0,21 D. Závěrem lze říct, že dlouhodobé užívání počítačů nevyvolává myopické změny, vyjma myopů do třiceti let. Vyšší redukce blízkého bodu akomodace byla zaznamenána u uživatelů počítačů do čtyřiceti let. Oddaluje se také blízký bod konvergence s ohledem na věk. Není už ale rozdíl u uživatelů a neuživatelů počítačů.

#### **5.4 Zhodnocení**

Podle našich výsledků můžeme zhodnotit, že po krátkodobé činnosti, jak při práci s počítačem, tak u čtení, nedochází k významným změnám, které by značně zhoršovaly náš zrak. Pouze se prokázalo oddálení blízkého bodu konvergence a tyto změny jsou pravděpodobně dočasného charakteru. Ostatní parametryvergence: vergenční facilitata a fúzní rezervy, neprokázaly statisticky významné změny. Podobné výkyvy byly zaznamenány i v kontrolním měření. Vízus podle očekávání zůstal neměnný. Refrakce se taktéž neměnila až na pár změn o 0, 25 D. To můžeme přisoudit zrakové nepohodě nebo nesprávné korekci, na jejímž podkladě vzniká valná většina obtíží.

## 6. Závěr

Tématem diplomové práce byl krátkodobý vliv monitoru na vergenci oka. Hlavním cílem bylo zjistit, do jaké míry nás počítače, se kterými pracujeme i několik hodin denně, ovlivňují. Dále bylo cílem práce získání znalostí týkajícího se binokulárního vidění,vergence, heteroforie a akomodace. Dozvědět se zajímavé poznatky z oblasti ergonomie a uspořádání pracovního prostředí kolem počítače, které nám pomohou zabránit nežádoucím důsledkům při vykonávání činností na počítači. V neposlední řadě hlavně osvojení technik vyšetřování základních parametrůvergence.

V první kapitole jsme se seznámili s binokulárním viděním. Co to je, jaké má složky, zmínila jsem některé podstatné pojmy a okrajově i časté poruchy při vývoji binokulárního vidění. Další kapitola byla věnována vergenci. Byly zde popsány složkyvergence, základní popisvergence, a to blízký bod konvergence, vergenční facilitata, fúzní rezervy a jiné. Dále zde byly popsány metody vyšetřovánívergence a její vzájemný vztah s akomodací. V poslední kapitole s názvem Práce s počítačem jste se mohli dozvědět něco ke správné ergonomii, jak si správně přizpůsobit obrazovku monitoru co se týče jasů, kontrastu, velikosti písmen, jaké jsou nejčastější potíže v souvislosti s prací do blízka, některé triky na zmírnění únavy očí apod. Dále také jaký je rozdíl mezi počítačovým monitorem a televizní obrazovkou.

V praktické části mé práce jsem se zabývala srovnáváním monitoru a čtení textu z hlediska jejich krátkodobého působení na oko, konkrétně na vergenci. Výsledkem této práce je poznatek, že po krátkodobé činnosti na počítači, v našem případě po 30 minutách, dochází k oddálení blízkého bodu konvergence dále od oka. Ostatní námi měřené hodnoty, ať už vergenční facility, fúzních rezerv, refrakce a vízu, neodhalily žádné významné změny.

Tato diplomová práce může být nápomocná všem, kteří se chtějí orientovat v problematice vyšetřovánívergence a vergenčních dysfunkcí. Získat znalosti v oblasti binokulárního vidění, např. jeho vývoje. Dále získat zajímavé postřehy co se týče práce s monitorem. Udělat si představu o správné ergonomii. Jaké by mělo být nastavení obrazovky, jak ulevit podrážděným a unaveným očím a především o vlivu monitoru na náš zrak. I když nebylo prokázáno poškození zraku, člověk by neměl strávit celý den u

počítače. A když už, tak dodržovat jednoduché zásady, aby brzo nemusel navštívit svého optometristu s astenopickými obtížemi.



## Použitá literatura

- [1] Pluháček, F. *Normální binokulární vidění – podpůrné materiály k přednášce*. Katedra optiky PřF Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc, 2010
- [2] Kuchyňka, P. a kol. *Oční lékařství*. Praha; Grada Publishing, 2007. ISBN 978-80-247-1163-8.
- [3] Hromádková, L. *Šilhání*. Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně, 1991. ISBN 80-7013-102-0
- [4] Silbernagl, S., Despopoulos, A *Atlas fyziologie člověka*. Grada Publishing, 2004. ISBN 80-247-0630-X
- [5] Oláh, Z. a kol *Očné lékařstvo – učebnice pro lékařské fakulty*. Osvěta, 1998. ISBN 80-88824-74-5
- [6] Pluháček, F. *Vergenční dysfunkce – podpůrné materiály k přednášce*. Katedra optiky PřF Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc, 2010
- [7] Elliot, D. B. *Clinical Procedures in Primary eye care*. Butterworth-Heinemann Elsevier, 2007. ISBN 978-0-7506-8896-3
- [8] Evans, B. J. W. *Pickwells Binocular vision anomalies*. Butterworth-Heinemann Elsevier, 2007. ISBN 978-0-7506-8897-0
- [9] Kvapilíková, K. *Práce a vidění*. Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně, 1999. ISBN 80-7013-275-2
- [10] Rosenfield, M. *Optometry: Science, techniques and clinical management*. Butterworth-Heinemann, 2009. ISBN 978-0-7506-8778-2
- [11] Goersch, H. *Handbook of Ophthalmic Optics*. Carl Zeiss Oberkochen, 1991.

Internet:

- [12] [www.psvz.cz/zidkova/doc/webkarvinai.doc](http://www.psvz.cz/zidkova/doc/webkarvinai.doc)
- [13] [http://www.wikiskripta.eu/index.php/Okohybn%C3%A9\\_svaly](http://www.wikiskripta.eu/index.php/Okohybn%C3%A9_svaly)

- [14] <http://leccos.com/index.php/clanky/mozek>
- [15] <http://user.meduni-graz.at>
- [16] <http://www.4oci.cz>
- [17] <http://trialx.com>
- [18] [http://www.umsl.edu/~garziar/strab\\_intro.htm](http://www.umsl.edu/~garziar/strab_intro.htm)
- [19] <http://www.vision-training.com>
- [20] <http://www.ocniokluzory.cz>
- [21] <http://www.oculus.cz>
- [22] <http://www.pioneerdoctor.com>
- [23] <http://www.cocky.cz/>
- [24] <http://www.cmsps.cz>
- [25] <http://pctuning.tyden.cz>
- [26] <http://journals.lww.com>

## Příloha

### HODNOTY BLÍZKÉHO BODU KONVERGENCE

| PC<br>hra | NPC<br>před | NPC<br>po | rozdíl | Čtení | NPC<br>před | NPC<br>po | rozdíl | Kontr<br>olní | NPC<br>před | NPC<br>po | rozdíl |
|-----------|-------------|-----------|--------|-------|-------------|-----------|--------|---------------|-------------|-----------|--------|
| 1         | 5,25        | 7         | 1,75   |       | 2           | 6         | 4      |               | 4           | 4,5       | 0,5    |
| 2         | 5,25        | 7,75      | 2,5    |       | 5           | 4,75      | -0,25  |               | 3,75        | 4,25      | 0,5    |
| 3         | 3,75        | 5,25      | 1,5    |       | 3,75        | 4         | 0,25   |               | 3,75        | 3,75      | 0      |
| 4         | 3           | 4,25      | 1,25   |       | 2,75        | 4,75      | 2      |               | 3           | 3,25      | 0,25   |
| 5         | 4,75        | 7,75      | 3      |       | 5,25        | 6,5       | 1,25   |               | 5,25        | 5         | -0,25  |
| 6         | 5,75        | 6,75      | 1      |       | 5,75        | 6         | 0,25   |               | 5,75        | 5,75      | 0      |
| 7         | 5,75        | 6         | 0,25   |       | 5,75        | 6         | 0,25   |               | 5,5         | 5,25      | -0,25  |
| 8         | 2           | 3         | 1      |       | 3,25        | 3,25      | 0      |               | 2,75        | 2,75      | 0      |
| 9         | 4,25        | 4,25      | 0      |       | 4,75        | 4,75      | 0      |               | 3,25        | 3,5       | 0,25   |
| 10        | 5,5         | 6,75      | 1,25   |       | 6           | 6         | 0      |               | 6           | 6         | 0      |
| 11        | 2,75        | 3,25      | 0,5    |       | 2,75        | 3,25      | 0,5    |               | 2,75        | 3         | 0,25   |
| 12        | 5,5         | 6,5       | 1      |       | 5           | 6,25      | 1,25   |               | 6,75        | 7,5       | 0,75   |
| 13        | 3,25        | 4         | 0,75   |       | 4,75        | 4,75      | 0      |               | 4,75        | 5,75      | 1      |
| 14        | 4,75        | 6,25      | 1,5    |       | 4,25        | 4,25      | 0      |               | 5           | 5,25      | 0,25   |
| 15        | 5,25        | 5,5       | 0,25   |       | 4,25        | 3,5       | -0,75  |               | 2,75        | 3,25      | 0,5    |

### HODNOTY VERGENČNÍ FACILITY

| PC<br>hra | VF<br>před | VF<br>po | Rozdí<br>l | Čtení | VF<br>před | VF<br>po | Rozd<br>íl | Kontr<br>olní | VF<br>před | VF<br>po | Rozd<br>íl |
|-----------|------------|----------|------------|-------|------------|----------|------------|---------------|------------|----------|------------|
| 1         | 1,5        | 0,5      | -1         |       | 0,5        | 11       | 10,5       |               | 1,5        | 0,5      | -1         |
| 2         | 22         | 20,5     | -1,5       |       | 21,5       | 22       | 0,5        |               | 24         | 23       | -1         |
| 3         | 7          | 9        | 2          |       | 11         | 13,5     | 2,5        |               | 11         | 14       | 3          |
| 4         | 18         | 19       | 1          |       | 19         | 21       | 2          |               | 19,5       | 21       | 1,5        |
| 5         | 15,5       | 17       | 1,5        |       | 19         | 24       | 5          |               | 24         | 24       | 0          |
| 6         | 12         | 14       | 2          |       | 12         | 13       | 1          |               | 13         | 14       | 1          |
| 7         | 19         | 20       | 1          |       | 20         | 16,5     | -3,5       |               | 20         | 19       | -1         |
| 8         | 18         | 15       | -3         |       | 13,5       | 13       | -0,5       |               | 9,5        | 11       | 1,5        |
| 9         | 16,5       | 6        | -9,5       |       | 18         | 17       | -1         |               | 9          | 2        | -7         |
| 10        | 17,5       | 19       | 1,5        |       | 19         | 20       | 1          |               | 18         | 18       | 0          |
| 11        | 1          | 1        | 0          |       | 11         | 4        | -7         |               | 16         | 17       | 1          |
| 12        | 18         | 18       | 0          |       | 21         | 24       | 3          |               | 21,5       | 22       | 0,5        |
| 13        | 12         | 17,5     | 5,5        |       | 18         | 16       | -2         |               | 19,5       | 19,5     | 0          |
| 14        | 11,5       | 15       | 3,5        |       | 20         | 22       | 2          |               | 22         | 23       | 1          |
| 15        | 0,5        | 0,5      | 0          |       | 0,5        | 0,5      | 0          |               | 20,5       | 21,5     | 1          |

## HODNOTY VÍZU

| PC hra | Vízus před | Vízus po  | Rozdíl | Čtení | Vízus před | Vízus po  | Rozdíl | Kontr olní | Vízus před Vízus po | Rozdíl    |   |
|--------|------------|-----------|--------|-------|------------|-----------|--------|------------|---------------------|-----------|---|
| 1      | 1,25/1,25  | 1,25/1,25 | 0      |       | 1,25/1,25  | 1,25/1,25 | 0      |            | 1,25/1,25           | 1,25/1,25 | 0 |
| 2      | 1,0/1,0    | 1,0/1,0   | 0      |       | 1,0/1,0    | 1,0/1,0   | 0      |            | 1,0/1,0             | 1,0/1,0   | 0 |
| 3      | 0/0        | 0/0       | 0      |       | 0/0        | 0/0       | 0      |            | 0/0                 | 0/0       | 0 |
| 4      | 1,25/1,25  | 1,25/1,0  | 0,25   |       | 1,25/1,25  | 1,25/1,25 | 0      |            | 1,25/1,25           | 1,25/1,25 | 0 |
| 5      | 1,6/1,6    | 1,6/1,6   | 0      |       | 1,25/1,25  | 1,25/1,25 | 0      |            | 1,25/1,25           | 1,25/1,25 | 0 |
| 6      | 1,25/1,25  | 1,25/1,25 | 0      |       | 1,25/1,25  | 1,25/1,25 | 0      |            | 1,25/1,25           | 1,25/1,25 | 0 |
| 7      | 1,25/1,25  | 1,25/1,25 | 0      |       | 1,25/1,25  | 1,25/1,25 | 0      |            | 1,25/1,25           | 1,25/1,25 | 0 |
| 8      | 1,0/1,0    | 1,0/1,0   | 0      |       | 1,0/1,0    | 1,0/1,0   | 0      |            | 1,0/1,0             | 1,0/1,0   | 0 |
| 9      | 1,25/1,25  | 1,25/1,25 | 0      |       | 1,25/1,25  | 1,25/1,25 | 0      |            | 1,25/1,25           | 1,25/1,25 | 0 |
| 10     | 1,25/1,25  | 1,25/1,25 | 0      |       | 1,25/1,25  | 1,25/1,25 | 0      |            | 1,25/1,25           | 1,25/1,25 | 0 |
| 11     | 1,25/1,25  | 1,25/1,25 | 0      |       | 1,0/1,0    | 1,0/1,0   | 0      |            | 1,25/1,25           | 1,25/1,25 | 0 |
| 12     | 1,25/1,25  | 1,25/1,25 | 0      |       | 1,25/1,25  | 1,25/1,25 | 0      |            | 1,25/1,25           | 1,25/1,25 | 0 |
| 13     | 1,25/1,25  | 1,25/1,25 | 0      |       | 1,25/1,25  | 1,25/1,25 | 0      |            | 1,25/1,25           | 1,25/1,25 | 0 |
| 14     | 1,25/1,25  | 1,25/1,25 | 0      |       | 1,25/1,25  | 1,25/1,25 | 0      |            | 1,25/1,25           | 1,25/1,25 | 0 |
| 15     | 1,25/1,25  | 1,25/1,25 | 0      |       | 1,25/1,25  | 1,25/1,25 | 0      |            | 1,25/1,25           | 1,25/1,25 | 0 |

## HODNOTY REFRAKCE

| PC hra | Rx před                                   | Rx po                                     | Rozdíl | Čten í | Rx před                                   | Rx po                                     | Rozdíl    | Kontr olní | Rx před                                   | Rx po                                     | Rozdíl    |
|--------|---|---|--------|--------|---|---|-----------|------------|---|---|-----------|
| 1      | P: -<br>0,75 D<br>L: -<br>0,50 D<br>P: -  | P: -<br>0,75 D<br>L: -<br>0,50 D<br>P: -  | 0      |        | P: -<br>0,50 D<br>L: -<br>0,50 D<br>P: -  | P: -<br>0,50 D<br>0,75 D<br>P: -          | 0<br>0,25 |            | P: -<br>0,75 D<br>L: -<br>0,50 D<br>P: -  | P: -<br>0,50 D<br>0,50 D<br>P: -          | 0,25<br>0 |
| 2      | 0,25 D<br>L: -0,5<br>cyl ax<br>20<br>P: - | 0,25 D<br>L: -0,5<br>cyl ax<br>18<br>P: - | 0      |        | 0,25 D<br>L: -0,5<br>cyl ax<br>17<br>P: - | 0,25 D<br>L: -0,5<br>cyl ax<br>18<br>P: - | 0         |            | 0,25 D<br>L: -0,5<br>cyl ax<br>20<br>P: - | 0,25 D<br>L: -0,5<br>cyl ax<br>19<br>P: - | 0         |
| 3      | 3,25 D<br>L: -3,<br>50 D<br>P: 0,25       | 3,25 D<br>L: -<br>3,75 D<br>P: 0,50       | 0      |        | 3,25 D<br>L: -<br>3,50 D<br>P: 0,25       | 3,25<br>L: -<br>3,50<br>P: 0,25           | 0         |            | 3,25 D<br>L: -3,50<br>D<br>P: 0,25        | 3,50 D<br>L: -<br>3,50 D<br>P: 0,25       | 0,25<br>0 |
| 4      | D<br>L: 0,50<br>D                         | D<br>L: 0,50<br>D                         | 0,25   |        | D<br>L: 0,50<br>D                         | D<br>L: 0,50<br>D                         | 0         |            | D<br>L: 0,50<br>D                         | D<br>L: 0,50<br>D                         | 0         |

|    |         |         |      |         |         |      |         |         |      |
|----|---------|---------|------|---------|---------|------|---------|---------|------|
| 5  | P: plan | P: plan | 0    | P: plan | P: plan | 0    | P: plan | P: plan | 0    |
|    | L: plan | L: plan | 0    | L: plan | L: plan | 0    | L: plan | L: plan | 0    |
|    | P: 0,50 | P: 0,50 |      | P: 0,50 | P: 0,50 |      | P: 0,50 | P: 0,50 |      |
| 6  | D       | D       | 0    | D       | D       | 0    | D       | D       | 0    |
|    | L: 0,50 | L: 0,50 |      | L: 0,50 | L: 0,50 |      | L: 0,50 | L: 0,50 |      |
|    | D       | D       | 0    | D       | D       | 0    | D       | D       | 0    |
|    | P: -    | P: -    | -    | P: -    | P: -    | -    | P: -    | P: -    | -    |
| 7  | 0,25 D  | 0,50 D  | 0,25 | 0,50 D  | 0,50 D  | 0    | 0,50 D  | 0,50 D  | 0    |
|    | L: -    | L: -    | -    | L: -    | L: -    | -    | L: -    | L: -    | -    |
|    | 1,50 D  | 1,75 D  | 0,25 | 1,75 D  | 1,75 D  | 0    | 1,75 D  | 1,75 D  | 0    |
| 8  | P: plan | P: plan | 0    | P: plan | P: plan | 0    | P: plan | P: plan | 0    |
|    | L: plan | L: plan | 0    | L: plan | L: plan | 0    | L: plan | L: plan | 0    |
|    | P: -    | P: -    | -    | P: -    | P: -    | -    | P: -    | P: -    | -    |
| 9  | P:plan  | P: plan | 0    | 0,25 D  | P: plan | 0,25 | P:plan  | P: plan | 0    |
|    | L: plan | L: plan | 0    | L:plan  | L: plan | 0    | L: plan | L: plan | 0    |
| 10 | P: plan | P: plan | 0    | P: plan | P: plan | 0    | P: plan | P: plan | 0    |
|    | L: -    | L: -    | -    | L: -    | L: -    | -    | L: -    | L: -    | -    |
|    | 0,25 D  | 0,25 D  | 0    | L: plan | L: plan | 0    | L: plan | L: plan | 0    |
|    | P: -    | P: -    | -    | P: -    | P: -    | -    | P: -    | P: -    | -    |
| 11 | 5,25 D  | 5,50 D  | 0,25 | 5,25 D  | 5,25    | 0    | 5,25 D  | 5,25 D  | 0    |
|    | L: -5,0 | L: -5,0 |      | L: -    | L: -5,0 |      | L: -    | L: -5,0 |      |
|    | D       | D       | 0    | 5,25 D  | D       | 0,25 | 5,25 D  | D       | 0,25 |
|    | P: 0,75 | P: 0,75 |      | P: 0,75 | P: 0,75 |      | P: 0,75 | P: 0,75 |      |
| 12 | D       | D       | 0    | D       | D       | 0    | D       | D       | 0    |
|    | L: 0,75 | L: 1,0  |      | L: 1,0  | L: 0,75 | -    | L: 0,75 | L: 0,75 |      |
|    | D       | D       | 0,25 | D       | D       | 0,25 | D       | D       | 0    |
|    | P: -    | P: -    | -    | P: -    | P: -    | -    | P: -    | P: -    | -    |
| 13 | 0,25 D  | 0,25 D  | 0    | 0,25 D  | 0,25 D  | 0    | 0,25 D  | 0,25 D  | 0    |
|    | L: -    | L: -    | -    | L: -    | L: -    | -    | L: -    | L: -    | -    |
|    | 0,25 D  | 0,25 D  | 0    | 0,25 D  | 0,25 D  | 0    | 0,25 D  | 0,25 D  | 0    |
|    | P: -    | P: -    | -    | P: -4,5 | P: -4,5 |      | P: -    | P: -    | -    |
| 14 | 4,25 D  | 4,25 D  | 0    | D       | D       | 0    | 4,25 D  | 4,25 D  | 0    |
|    | L: -4,5 | L: -4,5 |      | L: -    | L: -    |      | L: -    | L: -    |      |
|    | D       | D       | 0    | 4,25 D  | 4,75 D  | -0,5 | 4,25 D  | 4,25 D  | 0    |
|    | P: -    | P: -    | -    | P: -    | P: -    | -    | P: -    | P: -    | -    |
| 15 | P: plan | P: plan | 0    | 0,25 D  | 0,25 D  | 0    | 0,25 D  | 0,25 D  | 0    |
|    | L: plan | L: plan | 0    | L: plan | L: plan | 0    | L: plan | L: plan | 0    |

## HODNOTY NFR DÁLKA

| PC hra | NFR před | NFR po |
|--------|----------|--------|
| 1      | x,6,4    | x,10,4 |
| 2      | x,8,4    | x,10,6 |
| 3      | x,8,4    | x,4,2  |
| 4      | x,6,2    | x,8,2  |
| 5      | x,4,2    | x,4,2  |
| 6      | x,8,4    | x,6,4  |
| 7      | x,4,1    | x,6,4  |
| 8      | x,10,2   | x,8,4  |

| Čtení | NFR před | NFR po |
|-------|----------|--------|
|       | x,6,4    | x,8,2  |
|       | x,8,4    | x,8,4  |
|       | x,8,4    | x,8,4  |
|       | x,6,4    | x,6,2  |
|       | x,4,2    | x,4,2  |
|       | x,8,4    | x,8,4  |
|       | x,8,6    | x,10,6 |
|       | x,6,4    | x,8,4  |

| Kontrolní | NFR před | NFR po |
|-----------|----------|--------|
|           | x,6,4    | x,8,6  |
|           | x,8,4    | x,8,6  |
|           | x,8,4    | x,6,4  |
|           | x,6,4    | x,8,4  |
|           | x,4,2    | x,4,2  |
|           | x,8,4    | x,8,4  |
|           | x,6,4    | x,8,6  |
|           | x,8,6    | x,8,6  |

|    |         |        |
|----|---------|--------|
| 9  | x,4,2   | x,4,2  |
| 10 | x,8,4   | x,6,4  |
| 11 | x,6,4   | x,6,4  |
| 12 | x,8,6   | x,10,6 |
| 13 | x,12,12 | x,12,8 |
| 14 | X,6,6   | x,6,6  |
| 15 | x,6,2   | x,6,4  |

|         |        |
|---------|--------|
| x,4,2   | x,2,1  |
| x,6,4   | x,4,2  |
| x,8,6   | x,10,4 |
| x,8,6   | x,8,4  |
| x,12,10 | x,10,8 |
| x,6,6   | x,6,4  |
| x,6,2   | x,6,2  |

|        |        |
|--------|--------|
| x,4,2  | x,4,2  |
| x,6,4  | x,6,4  |
| x,6,4  | x,8,4  |
| x,6,4  | x,10,6 |
| x,10,6 | x,10,8 |
| x,4,2  | x,4,2  |
| x,6,4  | x,4,2  |

## HODNOTY NFR BLÍZKO

| PC hra | NFR před | NFR po   |
|--------|----------|----------|
|        | 14,16,1  |          |
| 1      | 4        | 14,25,18 |
| 2      | 14,14,8  | 10,10,6  |
|        | 14,14,1  |          |
| 3      | 0        | 14,14,10 |
|        | 14,16,1  |          |
| 4      | 4        | 14,16,12 |
| 5      | 8,16,10  | 10,14,12 |
| 6      | 10,12,8  | 10,12,8  |
|        | 10,14,1  |          |
| 7      | 2        | 12,16,16 |
|        | 16,16,1  |          |
| 8      | 4        | 14,14,8  |
|        | 16,20,1  |          |
| 9      | 2        | 14,20,14 |
|        | 10,16,1  |          |
| 10     | 2        | 10,18,12 |
| 11     | 16,16,4  | 16,18,2  |
| 12     | 8,14,10  | 10,12,10 |
|        | 14,18,1  |          |
| 13     | 0        | 12,18,8  |
| 14     | 6,10,10  | 6,10,10  |
|        | 14,16,1  |          |
| 15     | 2        | 14,16,12 |

| Čtení | NFR před | NFR po   |
|-------|----------|----------|
|       | 18,18,14 | 10,16,8  |
|       | 10,10,8  | 10,10,6  |
|       | 10,12,8  | 12,16,10 |
|       | 14,18,16 | 12,16,14 |
|       | 10,14,8  | 10,14,8  |
|       | 8,10,6   | 10,12,8  |
|       | 10,14,12 | 14,14,12 |
|       | 14,14,10 | 16,16,12 |
|       | 10,12,8  | 12,14,8  |
|       | 16,16,12 | 14,14,12 |
|       | 16,18,8  | 14,25,8  |
|       | 12,16,16 | 10,18,12 |
|       | 14,18,8  | 12,18,10 |
|       | 4,8,8    | 8,10,10  |
|       | 14,16,14 | 12,16,12 |

| Kontrolní | NFR před | NFR po  |
|-----------|----------|---------|
|           | 14,18,1  | 12,25,1 |
| 2         | 6        | 6       |
|           | 8,8,4    | 10,10,6 |
|           | 14,14,1  |         |
| 0         | 12,12,8  |         |
|           | 14,20,1  | 14,18,1 |
| 6         | 6        | 6       |
|           | 10,14,8  | 8,14,12 |
|           | 8,12,8   | 8,12,10 |
|           | 10,14,1  | 12,14,1 |
| 0         | 0        | 0       |
|           | 14,14,8  | 12,14,8 |
|           | 14,14,1  | 12,20,1 |
| 0         | 2        | 2       |
|           | 14,16,1  | 14,16,1 |
| 2         | 0        | 0       |
|           | 14,20,1  |         |
| 2         | 12,25,8  |         |
|           | 14,18,1  | 14,25,1 |
| 4         | 8        | 8       |
|           | 14,25,8  | 12,25,8 |
|           | 6,12,12  | 8,12,12 |
|           | 16,16,1  | 14,14,1 |
| 0         | 0        | 0       |

## HODNOTY PRF DÁLKA

| PC hra | PRF před | PRF po  |
|--------|----------|---------|
| 1      | 6,14,10  | 6,16,12 |

| Čtení | PRF před | PRF po |
|-------|----------|--------|
|       | 4,14,12  | 8,10,6 |

| Kontrolní | PRF před | PRF po |
|-----------|----------|--------|
|           | 4,10,10  | 6,10,8 |

|    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
|----|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 2  | 4,25,12<br>10,16,1 | 8,20,18<br>16,16,1 | 10,30,2<br>0       | 10,25,1<br>8       | 10,25,1<br>8       | 8,25,18            |
| 3  | 2<br>14,35,1       | 0<br>14,35,1       | 6,16,8<br>10,35,1  | 8,25,16<br>20,40,1 | 8,18,10<br>12,40,2 | 8,18,12<br>14,40,1 |
| 4  | 4                  | 8                  | 8                  | 6<br>10,30,1       | 0<br>10,12,1       | 8                  |
| 5  | 4,10,8<br>10,25,1  | 6,14,2<br>10,20,1  | 6,12,12<br>10,25,1 | 8<br>10,25,1       | 2<br>12,20,1       | 8,12,10<br>12,25,1 |
| 6  | 6                  | 6                  | 8                  | 8                  | 8                  | 6                  |
| 7  | 12,12,8<br>16,25,1 | 8,25,8<br>14,14,1  | 6,12,8<br>12,12,1  | 6,20,6             | 6,12,8             | 6,12,8<br>14,14,1  |
| 8  | 6                  | 2                  | 0                  | 6,8,8              | 14,16,8            | 0                  |
| 9  | 6,6,2<br>10,18,1   | 8,8,6              | 6,8,4              | 8,8,4<br>16,18,1   | 10,10,4<br>12,18,1 | 10,10,4<br>12,18,1 |
| 10 | 4<br>18,40,3       | 8,14,10<br>18,40,2 | 10,14,8<br>16,40,3 | 2<br>16,40,3       | 4<br>20,40,3       | 2<br>35,40,3       |
| 11 | 5<br>12,35,3       | 5<br>20,40,3       | 5<br>18,40,3       | 5<br>14,40,3       | 5<br>25,40,3       | 5<br>16,40,3       |
| 12 | 5<br>12,30,1       | 0<br>14,35,1       | 5<br>14,35,1       | 5<br>10,35,1       | 0<br>10,25,1       | 5<br>14,30,1       |
| 13 | 6<br>16,20,2       | 8                  | 4                  | 8<br>14,16,1       | 2<br>12,16,1       | 2<br>12,16,1       |
| 14 | 0                  | 6,10,12            | 8,12,10            | 6<br>14,35,1       | 6<br>20,35,6       | 4<br>20,30,8       |
| 15 | 20,20,4            | 18,25,8            | 10,30,8            | 2                  |                    |                    |

## HODNOTY PFR BLÍZKO

| PC hra | PFR     |         | Čtení | PFR     |         | Kontrolní | PFR     |         |
|--------|---------|---------|-------|---------|---------|-----------|---------|---------|
|        | před    | PFR po  |       | před    | PFR po  |           | před    | PFR po  |
|        | 14,18,1 | 25,25,2 |       | 14,20,1 | 16,20,1 |           | 14,20,2 | 14,20,2 |
| 1      | 4       | 0       |       | 4       | 6       |           | 0       | 0       |
|        | 25,35,2 | 25,35,2 |       | 25,35,2 | 25,35,2 |           | 25,35,2 | 25,25,2 |
| 2      | 5       | 5       |       | 5       | 5       |           | 5       | 0       |
|        | 25,30,2 | 25,30,2 |       | 12,20,1 | 12,25,1 |           | 25,25,1 | 12,25,1 |
| 3      | 0       | 0       |       | 6       | 6       |           | 4       | 6       |
|        | 30,35,3 | 25,40,3 |       | 30,35,3 | 25,35,3 |           | 25,35,3 | 30,35,3 |
| 4      | 0       | 5       |       | 0       | 0       |           | 0       | 0       |
|        |         | 10,20,2 |       | 10,30,2 | 12,30,2 |           | 10,18,1 | 10,25,2 |
| 5      | 8,18,16 | 0       |       | 5       | 5       |           | 8       | 0       |
|        | 14,25,1 | 14,20,1 |       | 12,25,1 | 12,25,1 |           | 14,25,1 | 14,20,1 |
| 6      | 6       | 6       |       | 4       | 4       |           | 6       | 4       |
|        | 10,25,1 | 10,30,1 |       | 14,25,1 |         |           | 14,25,1 | 12,25,1 |
| 7      | 0       | 8       |       | 6       | 8,30,10 |           | 4       | 6       |
|        | 20,25,2 | 20,35,3 |       | 30,40,2 | 30,40,2 |           | 20,25,2 | 18,35,2 |
| 8      | 5       | 5       |       | 5       | 5       |           | 5       | 0       |
|        | 12,14,1 | 18,25,2 |       | 25,25,1 | 20,25,1 |           | 20,20,1 | 20,25,1 |
| 9      | 2       | 0       |       | 8       | 8       |           | 8       | 8       |
|        | 12,14,1 | 12,20,1 |       | 16,16,1 | 16,25,1 |           | 14,20,1 | 14,25,1 |
| 10     | 2       | 4       |       | 4       | 8       |           | 6       | 8       |
|        | 35,40,3 | 35,40,3 |       | 35,40,3 | 30,35,3 |           | 35,40,3 | 30,40,3 |
| 11     | 5       | 5       |       | 5       | 0       |           | 0       | 5       |
|        | 30,40,4 | 25,40,4 |       | 25,40,4 | 25,40,4 |           | 25,40,4 | 25,40,4 |
| 12     | 0       | 0       |       | 0       | 0       |           | 0       | 0       |

|    |         |         |
|----|---------|---------|
|    | 35,35,2 | 35,35,2 |
| 13 | 0       | 5       |
|    | 12,16,1 | 18,25,2 |
| 14 | 6       | 5       |
|    | 20,20,1 | 25,25,1 |
| 15 | 0       | 6       |

|  |         |         |
|--|---------|---------|
|  | 30,40,3 | 25,40,3 |
|  | 5       | 5       |
|  | 18,25,2 | 20,30,2 |
|  | 5       | 5       |
|  | 25,30,1 | 25,25,1 |
|  | 2       | 4       |

|  |         |         |
|--|---------|---------|
|  | 25,40,2 | 25,30,2 |
|  | 5       | 0       |
|  | 20,40,3 | 25,40,3 |
|  | 5       | 5       |
|  | 30,30,2 | 30,35,2 |
|  | 0       | 0       |