zlom Oftal 23.9.1904 11:04 Str‡nka 198
proLékaře.cz | 13.2.2026

Srovnání přesnosti měření refrakce u dětí do 15 let pomocí přístroje PowerRef II se standardními technikami

Ošmera J.[1], Korynta J.

[1]Oční klinika dětí a dospělých 2. LF UK, Praha,
přednostka doc. MUDr. Dagmar Dotřelová, CSc.

Souhrn
Cíl práce: Zjistit, zda hodnoty refrakce získané metodou fotorefrakce pomocí přístroje PowerRef II u dětí do 15 let jsou srovnatelné s hodnotami naměřenými běžně užívanými metodami, tj. skiaskopicky a autorefraktorem.
Fotorefrakce je metoda umožňující rychlé stanovení refrakce oka na větší vzdálenost, bez mydriázy a u obou očí současně. Jeví se proto jako vhodný nástroj pro měření refrakčních vad u malých dětí a větších nespolupracujících jedinců. Existují však rozdílné názory na její přesnost a spolehlivost.
Metodika: Ve studii autoři hodnotí přesnost měření refrakčních vad metodou fotorefrakce u 40 dětí (19 chlapců, 21 dívek) ve věku od 4 měsíců do 15 let (průměrný věk 4,8 roků) rozdělených dle míry spolupráce do dvou skupin. Hodnoty refrakce získané metodou fotorefrakce pomocí přístroje PowerRef II byly porovnány s hodnotami refrakce získanými skiaskopií u 23 nespolupracujících dětí a s hodnotami naměřenými automatickým autorefraktorem Nidek AR 600 u 17 kooperujících dětí.
Výsledky: Porovnáním výsledků u obou skupin byl zjištěn rozdíl mezi odchylkou měření skiaskopií a fotorefrakcí v průměru 0,41 D pro sférický ekvivalent (0,45 pro sférické dpt, 0,42 pro cylindrické dpt), průměrný rozdíl mezi měřeními autorefraktorem a fotorefrakcí byl srovnatelný, tj. 0,52 D při srovnání sférických ekvivalentů (0,51 pro sférické dpt, 0,55 pro cylindrické dpt).
Závěr: Hodnoty refrakce naměřené excentrickou fotorefrakcí přístrojem PowerRef II byly srovnatelné s běžně užívanými metodami měření refrakce u dětí – tj. skiaskopicky a autorefraktorem. K podhodnocení došlo pouze ve dvou případech vyšší myopie při měření fotorefrakcí ve srovnání s hodnotou refrakce získané autorefraktorem. Nebyl zjištěn významný posun hodnot naměřených fotorefrakcí ve prospěch myopických či hypermetropických hodnot.
Klíčová slova: fotorefrakce, PowerRef II, autorefraktor, skiaskopie

Summary
Comparison of Accuracy of Refraction Measurement in Children up to the Age of 15 Years by Eccentric Phototrefraction and by Standard Techniques

Objective: To establish whether refraction state in children up to the age of 15 years measured by photorefraction using PowerRef II device is comparable with values measured using common methods like skiascopy and autorefractor.
Photorefraction is a quick method to determine refractive state from a distance without mydriasis and simultaneously in both eyes. It appears, therefore, to be a useful tool for measuring refractive errors of infants and older noncooperative subjects. However, its accuracy and reliability has been discussed.

zlom Oftal 23.9.1904 11:04 Str‡nka 199
proLékaře.cz | 13.2.2026

Methods: In this study the authors assess accuracy of measurement of refractive errors by photorefraction in 40 children (19 boys, 21 girls) at the age ranging from 4 month to 15 years (average 4.8 years), divided according to their cooperation into two groups. The values of refraction acquired by photorefraction using PowerRef II device were compared with skiascopy in 23 noncooperative infants and with values of refraction from common autorefractor Nidek AR 600 in 17 cooperating children.
Results: Comparing results of both groups we have detected an average difference 0.41 D between skiascopy and photorefraction for spherical equivalents (0.45 for spheres, 0.42 for cylinders), average difference between spherical equivalents from autorefractor and photorefractor measurements was comparable: 0.52 D (0.51 for spheres, 0.55 for cylinders).
Conclusion: Refractions measured by eccentric photorefraction with PowerRef II were comparable to those obtained by common methods of refraction measurement in children – i.e. skiascopy and autorefractor. Values of refraction were undervalued only in two cases of higher myopia during photorefraction measurement compared to autorefractor values. There was no significant shift by photorefraction measurement to myopic or hypermetropic values.
Key words: photorefraction, PowerRef II, autorefractor, skiascopy

Čes. a slov. Oftal., 61, 2005, No. 3, p. 198–204

ÚVOD

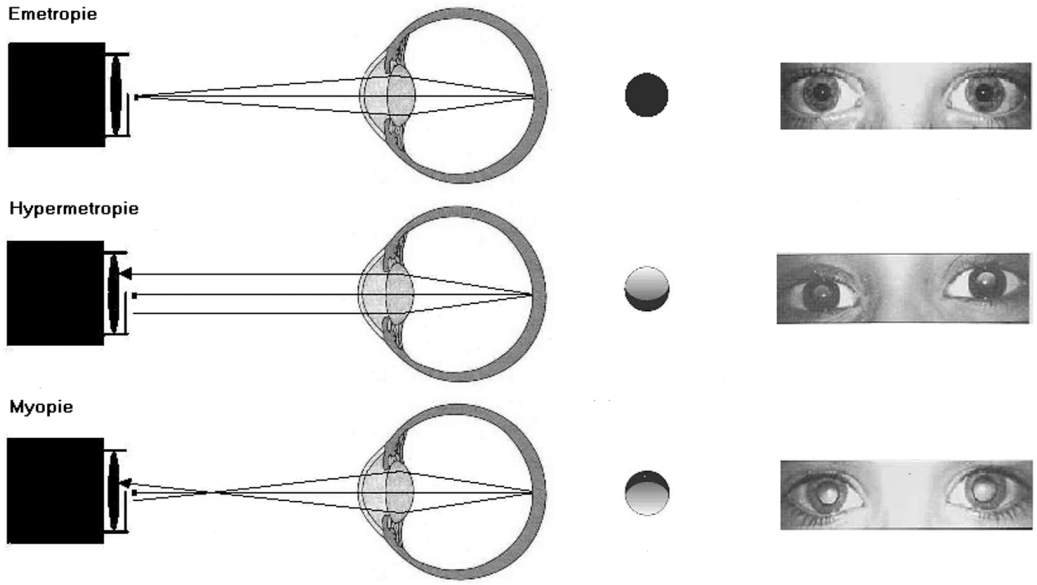
Pro správný vývoj zrakových funkcí dítěte jsou rozhodující periodou první měsíce a roky života. Některé oční choroby v tomto období brání rozvoji normální monokulární zrakové ostrosti a binokulárních funkcí. Časná diagnostika a léčba, respektive kompenzace těchto patologií může zamezit vzniku ireverzibilních funkčních poruch. Mezi stavy ohrožujícími adekvátní rozvoj zraku jsou mimo jiné i nepoznané nebo nesprávně korigované refrakční vady (10). Z tohoto důvodu má optimální korekce refrakčních vad v útlém věku nezastupitelný význam. Stálým problémem je screeningové stanovení refrakce u malých, většinou špatně spolupracujících dětí. Refrakční vady jsou často odhaleny až ve vyšším věku při preventivních pediatrických prohlídkách, nezřídka ve věku pěti i více let. Refrakční nebo jinou oční vadou trpí až 20 % dětí, amblyopií pak až 5 % dětí (10). Proto jsou snahy vyvinout a rozšířit vhodný screening refrakčních vad u malých dětí. Metodu jednoduchou, bez nutnosti arteficiální mydriázy a snadno reprodukovatelnou i zaškoleným laikem. Jedním z možných řešení je přístroj využívající jevu excentrické fotorefrakce.

Je-li před oko umístěn zdroj světla (viditelného nebo infračerveného), paprsky tohoto světla vstupují transparentními optickými médii do oka, kde jsou z větší části absorbovány. Menší část vyslaných paprsků se odráží od sítnice a vrací se k původnímu zdroji. Tyto odražené paprsky mohou být detekovány například digitální kamerou nebo jiným zařízením. V praxi je výše popsaný jev známý nejlépe na příkladě tzv. efektu červených očí při fotografování s bleskem, nebo růžový reflex od očního pozadí vybavený oftalmoskopem.

Jak lze pomocí tohoto fyzikálního úkazu určit hodnotu refrakce dioptrického aparátu daného oka? V případě, že umístíme světelný zdroj excentricky vůči detekčnímu zařízení, pak se odražené světelné paprsky u emetropického oka vrací přesně do bodu odkud byly emitovány a zornice zůstává pro přijímač „tmavá“ – neodráží

zlom Oftal 23.9.1904 11:05 Str‡nka 200
proLékaře.cz | 13.2.2026

žádnou část paprsků k detektoru, všechny se vrací pouze ke zdroji záření. Jinak je tomu ovšem u oka ametropického. To je zaostřeno do roviny před (myopie) nebo za (hypermetropie) zdroj. Tehdy se uplatňuje detekční kamera, která zachycuje rozptýlené paprsky vytvářející kužel konvergujících nebo divergujících paprsků míjejících původní zdroj a určuje jejich rozptyl. Důležitou roli hraje nejen vzdálenost zdroje světla a otvoru kamery, ale i její tvar a uspořádání, které určuje citlivost a detekční možnosti soustavy (11). Úhel odklonu paprsků od osy zdroj-oko je úměrný velikosti refrakční vady, takže přístroj není schopen v důsledku excentrického umístění detektoru zachytit paprsky rozptýlené „téměř“ emetropickým okem, jejichž odklon je minimální. Jestliže velikost refrakční vady překročí tuto detekční mez, okraj kužele odraženého světla dopadá do otvoru kamery a objeví se tenký srpek reflektovaného světla v zornici. Jak roste refrakční vada, zvětšuje se adekvátně velikost světlého srpku. Když rozptýlené světlo dopadá na celou plochu detekční kamery, srpek se stává okrouhlý. Pro refrakční vady větší než je tato kritická hodnota refrakce se stávají změny v osvětlení otvoru kamery méně výrazné a tím je dána citlivost a interval možného měření. Druh refrakční vady je odlišen lokalizací světlého srpku v zornici, kdy u myopického oka je v důsledku křížení paprsků před kamerou světlý srpek v opačné části zornice než u hypermetropie, respektive změnou velikosti srpku v různých osách (astigmatismus) (6, 8). Popsaný jev je schematicky znázorněn na obrázku 1. Podobně jako u klasické retinoskopie je charakter reflexu závislý na velikosti zornice, velikosti refrakční vady, úhlu pohledu a dalších vlastnostech optického aparátu oka i technických parametrech detekčního zařízení. Je tudíž technicky poměrně složité určit přesný vztah mezi iluminací zornice a velikostí refrakční vady při určité šířce zornice. Závislost je třeba stanovit na fyzikálních modelech nebo empiricky (4, 11).



Obr. 1. Znázornění chodu paprsků infračerveného světla z emitoru do oka – část paprsků se po odrazu od sítnice vrací zpět ke kameře, u hypermetropie a myopie jsou detekovány

proLékaře.cz | 13.2.2026

Přístroj PowerRef II, s nímž jsme prováděli měření, se skládá z infračerveného videoretinoskopu, který je sestaven z diod emitujících infračervené světlo, digitální kamery citlivé na toto záření a osobního počítače. Snímky z kamery jsou zaznamenávány a analyzovány v reálném čase.

Cílem práce je demonstrovat naše zkušenosti s měřením refrakce u dětí do 15 let metodou excentrické fotorefrakce pomocí přístroje PowerRef II. Naší snahou bylo zjistit, zda hodnoty refrakce zjištěné metodou fotorefrakce jsou srovnatelné s hodnotami naměřenými běžně užívanými metodami, tj. skiaskopicky a autorefraktorem. Eventuelně zda nedochází při měření fotorefrakcí k posunu směrem k myopickým či hypermetropickým hodnotám (obr. 1).

SOUBOR A METODIKA

Do našeho souboru bylo zařazeno celkem 67 očí u 40 dětí (19 chlapců, 21 dívek) ve věku od 4 měsíců do 15 let (průměrný věk 4,8 roků), u kterých jsme stanovili hodnotu refrakce. Vyšetřované děti byly hospitalizovány na lůžkovém oddělení Oční kliniky dětí a dospělých FN V Motole od 1. 1. 2003 do 31. 12. 2003 s širokým spektrem očních patologií. U některých pacientů nebylo možné z důvodů morfologických změn oka nebo pro anoftalmus stanovit refrakci obou očí. Soubor 40 dětí byl rozdělen na dvě skupiny dle míry spolupráce – špatně kooperující jedinci, tj. malé děti či děti psychomotoricky retardované, a soubor lépe spolupracujících, obvykle starších dětí. Z uvedeného počtu 40 dětí bylo 23 špatně nebo vůbec nespolupracujících (11 chlapců, 12 dívek, ve věku 0,3–5,9 roků, průměrný věk 2,9 roků, celkem 38 očí) a 17 spolupracujících (8 chlapců, 9 dívek, ve věku 3,1–15,3 roků, průměrný věk těchto dětí byl 7,4 roku, celkem 29 očí).

U obou skupin byla stanovena refrakce metodou fotorefrakce pomocí přístroje PowerRef II na standardní vzdálenost 1 metr. U nespolupracujících dětí jsme stanovili refrakci očí skiaskopicky v rámci vyšetření v celkové anestézii. U spolupracujících dětí byla refrakce stanovena měřením autorefraktorem Nidek AR 600. Měření autorefraktorem a fotorefrakcí bylo provedeno v nativním stavu oka, refrakce při skiaskopii byla stanovena v arteficiální mydriáze.

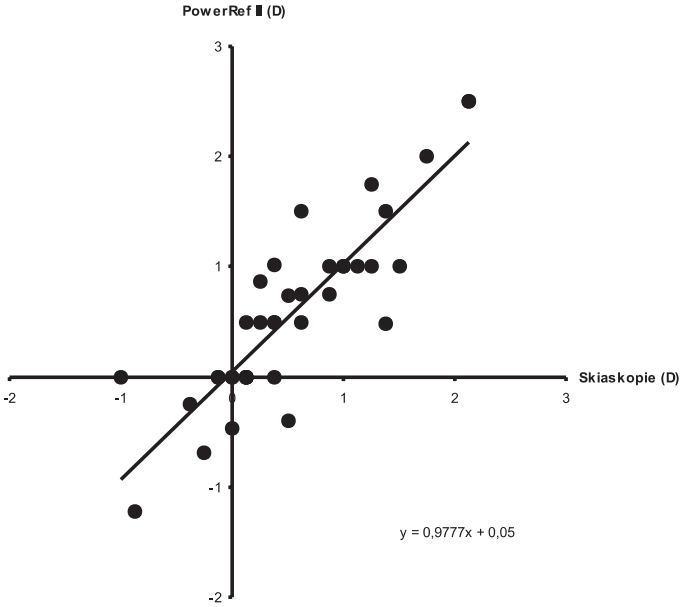
VÝSLEDKY

Ve skupině pacientů špatně spolupracujících byly skiaskopicky detekovány refrakční vady v rozmezí od +2,5 do –1,5 D (sférický ekvivalent), průměrná hodnota +0,54 D. PowerRef II naměřil hodnoty v intervalu od +2,13 do –1,0 D (sférický ekvivalent), průměrná hodnota byla rovněž +0,54 D. Rozdíl mezi výsledky zjištěnými skiaskopií a fotorefrakcí byl při porovnání sférických ekvivalentů od 0 do 1,75 D, průměrně 0,41 D. Rozdíl sférických dioptrií byl průměrně 0,45 D, u cylindrických dioptrií pak v průměru 0,43 D.

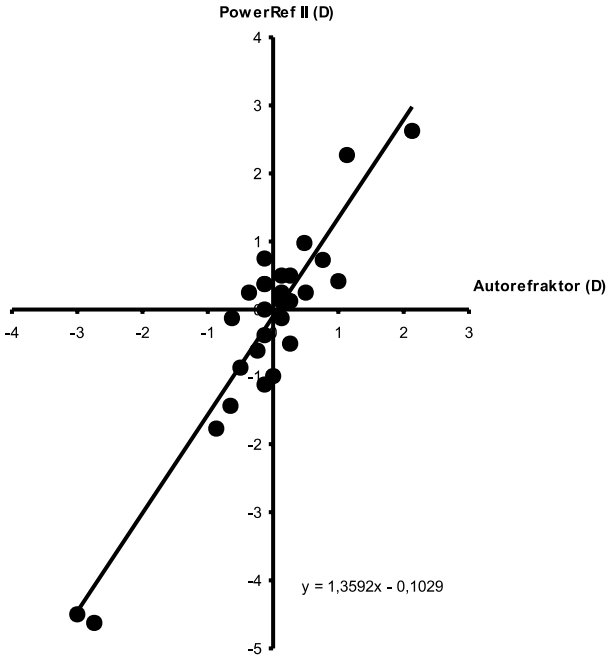
U spolupracujících jedinců byly autorefraktorem zjištěny hodnoty od +2,63 do -4,63 D (sférický ekvivalent), průměr -0,19 D, hodnoty refrakce získané přístrojem PowerRef II byly od +2,13 do -3,0 D (sférický ekvivalent), průměrně -0,06 D. Rozdíl

zlom Oftal 23.9.1904 11:05 Str‡nka 202
proLékaře.cz | 13.2.2026

při srovnání měření autorefraktorem a fotorefrakcí byl pro sférický ekvivalent od 0 do 1,88 D, průměrně 0,52 D. U sférických dioptrií byl zjištěn rozdíl 0,51 D, u cylindrických dioptrií tvořil rozdíl 0,55 D. U této skupiny jsme porovnávali i hodnoty os naměřených cylindrických dioptrií, odchylka os byla v průměru 10,03°. V přehledu jsou výsledky i s popisem přímky proložené naměřenými hodnotami znázorněny v grafech 1 a 2.



Graf 1. Rozdíl mezi hodnotami refrakce očí naměřenými skiaskopicky ve srovnání s hodnotami fotorefrakce (PowerRef II) u skupiny nespolupracujících dětí



Graf 2. Rozdíl mezi hodnotami refrakce očí naměřenými autorefraktorem ve srovnání s hodnotami fotorefrakce (PowerRef II) u skupiny spolupracujících dětí

zlom Oftal 23.9.1904 11:05 Str‡nka 203
proLékaře.cz | 13.2.2026

DISKUSE

Hlavní výhodou fotorefrakce ve srovnání s autorefraktorem je měření na větší vzdálenost. Metoda je proto vhodná zejména pro malé děti a nekooperující jedince (3). Na rozdíl od skiaskopie a měření autorefraktorem je analyzována refrakce obou očí současně, takže i stav jejich akomodace je v dané chvíli shodný. Měření je navíc poměrně rychlé, lze jej s výhodou využít i u pacientů ve věku několika měsíců, ovládání přístroje je velmi jednoduché. Navíc lze sledovat velikost zornice, polohu, respektive deviaci bulbů, dynamiku akomodace, a to v reálném čase, lze měřit zbytkovou refrakci při nasazené brýlové korekci. Testování těchto funkcí však nebylo předmětem naší studie.

Při měření s využitím jevu fotorefrakce však stále přetrvává několik problémů, z nichž některé lze poměrně snadno eliminovat či potlačit, ale zbývající mohou být důvodem, proč není metoda široce využívána. Různé oční choroby našich dětských pacientů v některých případech pomohly odhalit nedostatky nebo naopak výhody jednotlivých způsobů měření. Problémem zůstává stanovení přesného vztahu mezi faktory modifikujícími měření, tj. excentricitou zdroje, vzdáleností měřeného objektu, velikosti refrakční vady a průměru zornice (9, 11). Měření je navíc ovlivněno sférickými a monochromatickými aberacemi (9). Přístroj je tedy potřeba nakalibrovat empiricky. Další nevýhody jsou omezený rozsah měření (v případě přístroje PowerRef II jde o interval +5,0 D až -7,0 D) a nemožnost nebo nepřesnost měření při deviaci pohledu mimo optickou osu větší než 5°. Limitujícím je i velikost zornice – ta nesmí být menší než 3,4 mm. Protože během měření musí být patrná celá zornice, stává se obtížné měření refrakce u dětí s ptózou, heterotropií a prakticky nelze provádět měření v široké mydriáze. Nebylo možno měřit oči afakické, u našich dětských pacientů nebylo žádné oko artefakické. Další omezení jsou obdobná jako u ostatních způsobů zjišťování refrakce, jako například zkalená optická média, zadní synechie duhovky apod. Spíše technickým nedostatkem je malý fixační bod na kameře, který není adekvátním stimulem pro velmi malé děti nebo pacienty se závažnější poruchou vizu. Interval měření by bylo možné ovlivnit změnou excentricity – maximální senzitivita při nulové excentricitě, s eliminací mrtvé zóny neměřitelné refrakční vady; naopak výrazná excentricita pro zvětšení pracovního rozsahu. Měření astigmatismu ve třech meridiánech jako je tomu u PowerRef II se jeví jako dostatečné (6).

Námi naměřené hodnoty a jejich rozdíly jsou ve shodě s výsledky jiných autorů (1, 2, 5), pouze ve dvou případech jsme u refrakčních vad nad -2,0 D naměřili hodnoty refrakce vyšší v případě měření autorefraktorem ve srovnání s metodou fotorefrakce, jak je patrné v grafu 2. To je zřejmé ze sklonu a popisu přímky proložené naměřenými hodnotami, avšak počet měření očí s větší refrakční vadou byl malý pro podrobnější analýzu. Ostatní autoři takový jev nepopisují. Naměřený rozdíl os cylindrických dioptrií byl v našem případě méně než 10° u hodnot klinicky významných, tj. 0,5 D a více, odchylka byla větší než 20° pouze ve 3 případech.

Některé studie rovněž sledovaly rozdíl mezi refrakcí stanovenou fotorefrakcí a klasickým autorefraktorem ve srovnání se subjektivní refrakcí při předpisu brýlové korekce u dospělých pacientů bez jiných očních patologií. Zde vykazovala fotorefrakce srovnatelné, v případě měření velikosti a osy cylindrických dioptrií dokonce mírně lepší výsledky (5).

zlom Oftal 23.9.1904 11:06 Str‡nka 204
proLékaře.cz | 13.2.2026

ZÁVĚR

Porovnáním výsledků měření přístrojem PowerRef II a hodnot skiaskopie v souboru nespolupracujících dětí jsme neshledali významný rozdíl zjištěných refrakcí. Určitý rozdíl byl pozorován pouze ve dvou případech u skupiny větších dětí s vyšší myopií, pro nižší hodnoty rovněž nebyla zaznamenána diference. Při měření fotorefrakcí nebyl zaznamenán posun ve směru myopických či hypermetropických hodnot.

Fotorefrakce se jeví jako užitečná metoda stanovení refrakčních vad u malých dětí, respektive i větších nespolupracujících jedinců. Obsluha přístroje PowerRef II je snadná a měření rychlé. Avšak technická konstrukce a design zařízení pro měření refrakce s využitím fotorefrakce nejsou dosud standardizovány, liší se rovněž názory na vhodnost screeningového použití. Existuje řada podnětů, které by mohly měření dále zpřesnit a usnadnit. Zejména by bylo přínosné proměření většího počtu spolupracujících dětí s vyšší refrakční vadou a vyhovující brýlovou korekcí a porovnání výsledků měření s vlastní brýlovou korekcí. To by poskytlo další potřebné informace o spolehlivosti měření a umožnilo v budoucnu rozšíření přístrojů na bázi fotorefrakce do klinické praxe.

Podpořeno projektem MZO 0006423

LITERATURA

1. **Abrahamsson, M., Ohlsson, J., Björndahl, M., et al.:** Clinical evaluation of an eccentric infrared photorefractor: the PowerRefractor. Acta Ophthalmol. Scand., 81, 2003: 605–610.
2. **Allen, P. M., Radhakrishnan, H., O'Leary D.J.:** Repeatability and validity of the PowerRefractor and the Nidek AR600-A in an adult population with healthy eyes. Optom. Vis. Sci., 80, 2003: 245–251.
3. **Atkinson, J., Braddick, O. J., Durden, K., et al.:** Screening for refractive errors in 6–9 month old infants by photorefraction. Br. J. Ophthalmol., 68, 1984: 105–112.
4. **Bobier, W. R., Braddick, O. J.:** Eccentric photorefraction: Optical analysis and empirical measures. Am. J. Optom. Physiol. Opt., 62, 1985: 614–620.
5. **Choi, M., Weiss, S., Schaeffel, F., et al.:** Laboratory, clinical, and kindergarten test of a new eccentric infrared photorefractor (PowerRefractor). Optom. Vis. Sci., 77, 2000: 537–548.
6. **Gekeler, F., Schaeffel, F., Howland, H. C., et al.:** Measurement of astigmatism by automated infrared photoretinoscopy. Optom. Vis. Sci., 74, 1997: 472–482.
7. **Hamer, R. D., Norcia, A. M., Day, S. H., et al.:** Comparison of on- and off-axis photorefraction with cycloplegic retinoscopy in infants. J. Pediatr. Ophthalmol. Strabismus, 29, 1992: 232–239.
8. **Kaakinen, K.:** A simple method for screening of children with strabismus, anisometropia or ametropia by simultaneous photography of the corneal and fundus reflexes. Acta Ophthalmologica, 57, 1979: 161–171.
9. **Kusel, R., Oechsner, U., Wesemann, W., et al..:** Light-intensity distribution in eccentric photorefraction crescents. J. Opt. Soc. Am. A. Opt. Image Sci. Vis., 15, 1998: 1500–1511.
10. **Newman, D. K., East, M. M.:** Preschool vision screening: negative predictive value for amblyopia. Br. J. Ophthalmol., 83, 1999: 676–679.
11. **Roorda, A., Campbell, M. C., Bobier, W. R.:** Geometrical theory to predict eccentric photorefraction intensity profiles in the human eye. J. Opt. Soc. Am. A. Opt. Image Sci. Vis., 12, 1995: 1647–1656.

MUDr. Jakub Ošmera
Oční klinika dětí a dospělých UK 2. LF a FN Motol
V Úvalu 84
150 06 Praha 5