Oftalmologie 6-010 14.1.2011 8:06 Str. 254
proLékaře.cz | 19.12.2026

Rohovkové aberace vyššího řádu u zdravého oka a jejich změny s věkem

Čermáková S., Skorkovská Š.

Klinika nemocí očních a optometrie LF MU a Fakultní nemocnice u svaté Anny, Brno,
přednosta doc. MUDr. Svatopluk Synek, CSc.

SOUHRN

Rohovka je nejvýznamnějším refrakčním prostředím oka a ovlivňuje i jeho celkový aberační stav. Tato práce se zabývá aberacemi vyššího řádu rohovky u zdravých osob a hodnotí jejich změny s věkem a zakřivením rohovky a vliv přední a zadní plochy na aberace rohovky jako celku. K vyšetření je byla použita Scheimpflugova kamera umožňující hodnocení přední a zadní plochy rohovky odděleně. Výsledky ukázaly, že aberace rohovky jsou ovlivněny zejména aberacemi její přední plochy. Dominantní rohovkovou aberací je sférická aberace Z(4,0), která má pozitivní hodnotu a narůstá s věkem. Významnějších hodnot mohou též nabývat aberace 3. řádu, především koma, u nějž je taktéž patrný nárůst s věkem. S tím souvisí i vyšší hodnota středního kvadratického průměru aberací 3. a 4. řádu u starších osob.

Klíčová slova: rohovka, aberace vyššího řádu, Scheimpflugova kamera, věk

SUMMARY

Corneal Higher Order Aberrations and their Changes with Aging

Cornea is the most important refractive medium of the eye and affects its total aberration state. This paper deals with corneal higher order aberrations in healthy humans and evaluates their changes with aging and corneal curvature. The influence of the corneal anterior and posterior surfaces on aberrations of the whole cornea was also investigated. The examination was performed with a Scheimpflug camera which enables to examine the anterior and posterior corneal surface separately. The results show that higher order aberrations of the whole cornea are influenced mainly by the anterior surface aberrations. The main corneal higher order aberration is the Z(4,0) spherical aberration which has a positive value and increases with age. Also, 3rd order aberration values are of importance, especially coma which also increases with age. As a consequence, the root-mean-square of the 3rd and 4th order aberrations in elderly people has a higher value.

Key words: cornea, higher order aberrations, Scheimpflug camera, age

Čes. a slov. Oftal., 66, 2010, No. 6, p. 254–257

ÚVOD

Rohovka tvoří spolu s čočkou nejvýznamnější refrakční strukturu lidského oka. Zároveň je i hlavním zdrojem některých zobrazovacích vad, zejména vyššího řádu.

Zobrazovací vady neboli aberace se dělí na chromatické, podmíněné různým indexem lomu pro paprsky různých vlnových délek, a monochromatické. Monochromatické aberace dále rozdělujeme na aberace nižšího, tedy 1. a 2. řádu, což jsou sférické vady lomivosti (myopie a hypermetropie) a astigmatismus, a vyššího řádu. Tyto aberace lze seřadit do tzv. Zernikeho pyramidy, jejíž vrchol tvoří aberace nultého řádu a základnu aberace libovolného vyššího řádu. Klinický význam však mají především aberace třetího a čtvrtého řádu. Aberace 3. řádu jsou koma vertikální Z (3,-1) a horizontální Z (3,1), trefoil sinové fáze Z (3,-3) a kosinové fáze Z (3,3). Mezi aberace 4. řádu patří sférická aberace vyššího řádu Z (4,0), dále dva typy sekundárního astigmatismu Z (4,-2) a Z (4,2) a dva typy tetrafoilu Z (4,-4) a Z (4,4). Aberace vyššího řádu lze též vyjádřit souhrnně jako střední kvadratický průměr RMS (root-mean-square).

Aberace vyššího řádu mohou svou přítomností zhoršovat kvalitu vidění, mohou se však také kombinovat tak, že kvalitu vidění naopak zvýší [3, 4]. Rohovkové aberace vyššího řádu jsou způsobeny především patologickými procesy, jako jsou ektatická onemocnění rohovky, zánět, jizvení či porušení struktury slzného filmu. Kromě toho mohou být indukovány i iatrogenně, například laserovými a chirurgickými rohovkovými refrakčními zákroky nebo incizí při nitrooční operaci.

Rohovkové a čočkové aberace vyššího řádu mají tendenci vzájemně se kompenzovat, a celkový aberační stav lidského oka se tak blíží nule [9]. Měření rohovkových aberací lze využít například v diagnostice rohovkových onemocnění nebo v refrakční chirurgii při laserování metodou OcuLink, kdy je ablační profil volen na základě topografických údajů z Scheimpflugovy kamery. U pacientů podstupujících operaci katarakty lze zase pomocí rohovkové aberometrie vybrat vhodnou umělou nitrooční čočku, jejíž větší či menší asféricita bude vhodně kompenzovat sférickou aberaci vyššího řádu rohovky.

Cílem studie bylo zhodnotit rozložení rohovkových aberací vyššího řádu u zdravé populace dvou věkových skupin a posoudit jejich vztah k věku a optické mohutnosti rohovky.

METODIKA

Byly vytvořeny 2 skupiny zkoumaných osob. Do první skupiny bylo zařazeno 38 očí 21 osob (12 žen, 9 mužů) ve věku 22–32 let. Druhou skupinu tvořilo 42 očí 33 pacientů (18 žen, 15 mužů) ve věku 54–85 let. Jednalo se o náhodně vybrané pacienty a zaměstnance naší oční kliniky. U všech zkoumaných osob byly vyloučeny patologické procesy rohovky a poru-

Oftalmologie 6-010 14.1.2011 8:06 Str. 255
proLékaře.cz | 19.12.2026

chy postavení víček, jako je dermatochaláza, ptóza, ektropium nebo entropium. Ty by mohly nepříznivě ovlivnit stav slzného filmu a rohovky, popřípadě by bránily vyšetření rohovky v celém jejím rozsahu. Do studie nebyly zahrnuty osoby s anamnézou očního traumatu nebo operačního zákroku jak rohovkového, tak nitroočního.

Každá z osob byla vyšetřena na přístroji Pentacam HR firmy Oculus. Jedná se o rotující Scheimpflugovu kameru, která snímá přední segment oka v řezech, z nichž následně konstruuje trojrozměrný obraz předního segmentu od přední plochy rohovky až po zadní plochu čočky. Tato digitální CCD (charge-coupled device, zařízení s vázanými náboji) kamera využívá jako zdroj světla luminiscenční diody (ligt-emitting diode, LED) emitující elektromagnetické záření o vlnové délce 475 nm, jedná se tedy o modré světlo bez UV složky. Snímání probíhá rychlostí 50 obrazů za 2 sekundy, rozlišení přístroje je 2760 měřících bodů na 1 obraz a počet vyhodnocených měřících bodů je až 138 000. Získaná rekonstrukce předního segmentu oka je následně analyzována. Zobrazí se mapa zakřivení přední i zadní plochy rohovky, pachymetrická mapa, mapa výškových dat (elevací) přední i zadní plochy rohovky, celková lomivost rohovky, Zernikeho analýza, mapa hloubky přední komory a šířka komorového úhlu [1].

Přístroj byl umístěn v zatemněné místnosti a u každé osoby bylo provedeno jedno či více měření tak, aby bylo dosaženo optimální kvality pořízeného skenu, což software Pentacamu oznámí hodnocením „OK“. Sledovány byly tyto parametry: průměrné sagitální zakřivení přední i zadní plochy rohovky v dioptriích, astigmatismus přední i zadní plochy v dioptriích a monochromatické aberace 3. a 4. řádu jednotlivě a jako střední kvadratický průměr neboli root-mean-square (RMS), a to pro přední a zadní plochu rohovky samostatně a pro rohovku jako celek. Aberace byly počítány pro zornici širokou 5 mm. Dále byla v programu Statistica verze 6.0 hodnocena závislost těchto parametrů na věku. Byly stanoveny jednak rozdíly mezi oběma sledovanými skupinami, jednak korelace měřených parametrů s věkem uvnitř každé skupiny. Byly také sledovány korelace středního kvadratického průměru s jednotlivými aberacemi vyššího řádu a korelace jednotlivých parametrů celé rohovky s parametry přední a zadní plochy. Použity byly testy normality, metody popisné statistiky (medián, minimum, maximum), Spearmanův korelační koeficient a Mann-Whitneyho nepárový test.

VÝSLEDKY

Charakteristiky obou sledovaných skupin shrnuje tabulka 1.

Tab. 1. Charakteristika skupin vyšetřovaných osob

N =80	Počet očí	Medián věku	Minimum věku	Maximum věku
Skupina 1	38	27	22	32
Skupina 2	42	65	54	85

Tab. 2. Mediány zakřivení rohovky, rohovkového astigmatismu, jednotlivých aberací 3. a 4. řádu a RMS aberací 3. a 4. řádu u obou skupin pro přední a zadní plochu rohovky a pro rohovku jako celek

N = 80	Přední plocha		Zadní plocha		Celá rohovka	
	Skupina 1	Skupina 2	Skupina 1	Skupina 2	Skupina 1	Skupina 2
Zakřivení [D]	44,1	44,2	-6,3	-6,3		
Astigmatismus [D]	0,7	1,0	0,3	0,3		
Z (4,0) [μm]	0,124	0,172	-0,079	-0,059	0,088	0,155
Z (4,2) [μm]	-0,006	0,005	0,001	0,004	-0,005	0,006
Z (4,-2) [μm]	0,003	0,023	-0,006	-0,017	-0,002	0,009
Z (4,4) [μm]	0,005	-0,007	0,006	0,008	0,009	-0,003
Z (4,-4) [μm]	-0,008	-0,027	-0,019	-0,022	-0,031	-0,045
Z (3,1) [μm]	0,030	0,061	-0,026	-0,003	0,019	0,066
Z (3,-1) [μm]	0,015	0,019	-0,001	0,010	0,007	0,015
Z (3,3) [μm]	0,026	0,002	0,004	0,008	0,029	0,003
Z (3,-3) [μm]	-0,002	0,005	-0,001	-0,009	0,002	0,002
RMS [μm]	0,071	0,083	0,032	0,028	0,065	0,081

V tabulce 2 jsou uvedeny naměřené hodnoty rohovkového zakřivení, astigmatismu, jednotlivých aberací vyššího řádu a středního kvadratického průměru aberací 3. a 4. řádu. Pro rohovku jako celek nelze z Pentacamu jednoduše odečíst hodnoty zakřivení a astigmatismu, proto zde nejsou uvedeny.

Z tabulek vyplývá, že dominantní rohovkovou aberací vyššího řádu je sférická aberace Z (4,0). Ta je vždy pozitivní pro přední plochu a vždy negativní pro plochu zadní. Rohovka jako celek vykazuje pozitivní sférickou aberaci Z (4,0). Medián ostatních aberací 3. a 4. řádu pro přední a zadní plochu rohovky i pro rohovku jako celek se pohybuje okolo nuly, přičemž u aberací 3. řádu (zejména vertikální a horizontální koma) je patrný větší rozptyl hodnot pro přední plochu rohovky a pro celou rohovku oproti aberacím 4. řádu.

Mann-Whitneyho nepárový test (tab. 3, 4 a 5) u přední plochy rohovky prokázal, že ve skupině 2 se vyskytuje významně vyšší hodnota astigmatismu, sférické aberace Z (4,0), sekundárního astigmatismu Z (4,-2) a RMS aberací 3. a 4. řádu oproti skupině 1.

V případě zadní plochy rohovky byly významné rozdíly mezi skupinami nalezeny u sférické aberace Z (4,0) a horizontálního koma Z (3,1), kde u skupiny 1 jsou hodnoty více záporné než u skupiny 2, zatímco pro sekundární astigmatismus Z (4,-2) jsou hodnoty významně více negativní u skupiny 2. Dále byla nalezena významně vyšší hodnota RMS aberací 3. a 4. řádu u skupiny 1.

Na úrovni rohovky jako celku byla shledána významně vyšší hodnota sférické aberace Z (4,0), horizontálního koma Z (3,1) a RMS aberací 3. a 4. řádu u skupiny 2.

Další rozbor ukázal u skupiny 2 pozitivní korelaci sférické aberace Z (4,0) přední plochy a celé rohovky s věkem a nega-

Oftalmologie 6-010 14.1.2011 8:06 Str. 256
proLékaře.cz | 19.12.2026

Tab. 3. Srovnání parametrů (K = zakřivení, AST = astigmatismus) přední plochy rohovky mezi skupinami 1 a 2 pomocí Mann-Whitneyho U testu. Zvýrazněné výsledky jsou významné pro p < 0,05

Proměnná	Sčt. poř. Skup. 1	Sčt. poř. Skup. 2	U	Z	Úroveň p
Kp	1461,000	1779,000	720,0000	-0,75150	0,452355
ASTp	1333,000	1907,000	592,0000	**-1,98472**	**0,047177**
Z (4,0)p	1161,000	2079,000	420,0000	**-3,64186**	**0,000271**
Z (4,2)p	1502,000	1738,000	761,0000	-0,35648	0,721482
Z (4,-2)p	1292,000	1948,000	551,0000	**-2,37974**	**0,017326**
Z (4,4)p	1592,500	1647,500	744,5000	0,51545	0,606240
Z (4,-4)p	1710,000	1530,000	627,0000	1,64751	0,099454
Z (3,1)p	1408,500	1831,500	667,5000	-1,25731	0,208642
Z (3,-1)p	1485,500	1754,500	744,5000	-0,51545	0,606240
Z (3,3)p	1591,000	1649,000	746,0000	0,50100	0,616374
Z (3,-3)p	1503,000	1737,000	762,0000	-0,34684	0,728709
RMSp	1251,500	1988,500	510,5000	**-2,76993**	**0,005607**

Tab. 4. Srovnání parametrů zadní plochy rohovky mezi skupinami 1 a 2 pomocí Mann-Whitneyho U testu. Zvýrazněné výsledky jsou významné pro p < 0,05

Proměnná	Sčt. poř. Skup. 1	Sčt. poř. Skup. 2	U	Z	Úroveň p
K_z	1599,000	1641,000	738,0000	0,57807	0,563215
AST_z	1474,000	1766,000	733,0000	-0,62625	0,531154
$Z(4,0)_z$	1150,500	2089,500	409,5000	**-3,74302**	**0,000182**
$Z(4,2)_z$	1509,000	1731,000	768,0000	-0,28904	0,772554
$Z(4,-2)_z$	1880,000	1360,000	457,0000	**3,28538**	**0,001019**
$Z(4,4)_z$	1497,500	1742,500	756,5000	-0,39983	0,689279
$Z(4,-4)_z$	1492,000	1748,000	751,0000	-0,45282	0,650676
$Z(3,1)_z$	1275,500	1964,500	534,5000	-2,53871	0,011127
$Z(3,-1)_z$	1365,000	1875,000	624,0000	-1,67641	0,093658
$Z(3,3)_z$	1553,500	1686,500	783,5000	0,13970	0,888896
$Z(3,-3)_z$	1730,500	1509,500	606,5000	1,84502	0,065036
RMS_z	1781,500	1458,500	555,5000	**2,33638**	**0,019472**

Tab. 5. Srovnání parametrů rohovky jako celku mezi skupinami 1 a 2 pomocí Mann-Whitneyho U testu. Zvýrazněné výsledky jsou významné pro p < 0,05

Proměnná	Sčt. poř. Skup. 1	Sčt. poř. Skup. 2	U	Z	Úroveň p
$Z(4,0)_c$	1066,500	2173,500	325,5000	**-4,55233**	**0,000005**
$Z(4,2)_c$	1489,000	1751,000	748,0000	-0,48173	0,630000
$Z(4,-2)_c$	1396,500	1843,500	655,5000	-1,37292	0,169777
$Z(4,4)_c$	1577,000	1663,000	760,0000	0,36611	0,714281
$Z(4,-4)_c$	1686,500	1553,500	650,5000	1,42110	0,155290
$Z(3,1)_c$	1320,000	1920,000	579,0000	**-2,10997**	**0,034862**
$Z(3,-1)_c$	1468,500	1771,500	727,5000	-0,67924	0,496989
$Z(3,3)_c$	1570,500	1669,500	766,5000	0,30349	0,761518
$Z(3,-3)_c$	1545,500	1694,500	791,5000	0,06262	0,950065
RMS_c	1095,000	2145,000	354,0000	**-4,27774**	**0,000019**

tivní korelaci quadrafoilu Z (4,4) zadní plochy rohovky s věkem. Ve skupině 1 nebyly korelace mezi věkem a aberacemi vyššího řádu nalezeny. Příčinou může být malý věkový rozptyl v této skupině. Byla však prokázána negativní korelace astigmatismu zadní plochy rohovky s věkem.

Na celém souboru bez ohledu na zařazení jednotlivých osob do skupin bylo také prokázáno, že všechny aberace 3. a 4. řádu a jejich střední kvadratický průměr rohovky jako celku vykazují pozitivní korelaci s odpovídajícími aberacemi, respektive jejich středním kvadratickým průměrem přední plochy rohovky. U aberací vyššího řádu zadní plochy rohovky byla nalezena pozitivní korelace s odpovídající aberací celé rohovky pouze v případě quadrafoilu Z (4,4). Lze tedy říci, že kromě quadrafoilu Z (4,4) jsou aberace rohovky jako celku ovlivněny především aberacemi její přední plochy.

Nakonec byla opět na celém sledovaném souboru zkoumána souvislost středního kvadratického průměru aberací 3. a 4. řádu s jednotlivými rohovkovými parametry. Přední plocha rohovky vykazuje pozitivní korelaci RMS aberací 3. a 4. řádu se zakřivením, sférickou aberací Z (4,0), sekundárním astigmatismem Z (4,2) a horizontálním koma Z (3,1). U zadní plochy rohovky existují naopak negativní korelace mezi RMS aberací 3. a 4. řádu se zakřivením, sférickou aberací Z (4,0), quadrafoilem Z (4,-4) a horizontálním koma Z (3,1). Protože zakřivení a sférická aberace Z (4,0) zadní plochy rohovky mají vždy záporné hodnoty, lze tento poznatek interpretovat jako nárůst RMS se zvyšující se zápornou hodnotou zakřivení a sférické aberace Z (4,0) zadní plochy. Pro rohovku celkově byly nalezeny pozitivní korelace RMS aberací 3. a 4. řádu se sférickou aberací Z (4,0), sekundárním astigmatismem Z (4,2) a horizontálním koma Z (3,1).

Všechny uvedené výsledky platí pro statistickou významnost $p < 0,05$.

Oftalmologie 6-010 14.1.2011 8:06 Str. 257
proLékaře.cz | 19.12.2026

DISKUSE

Dostupné práce se rozcházejí v názoru na změny rohovkových aberací s přibývajícím věkem. Níže uvedení autoři pracovali s videokeratografickými metodami, nikoli se Scheimpflugovou kamerou. Jejich závěry proto platí pouze pro přední plochu rohovky, nicméně právě její parametry jsou pro aberační stav rohovky jako celku rozhodující.

Studii podobnou naší publikoval například Guirao [11], který rozdělil 59 osob do tří věkových skupin a prokázal vyšší hodnoty sférické aberace Z (4,0), koma a středního kvadratického průměru aberací vyššího řádu u starších osob, což se potvrdilo i v naší studii. V jeho souboru bylo také zjištěno, že poloměr zakřivení rohovky se s věkem zmenšuje a rohovka se stává sféričtější.

Nejrozsáhlejší studii však uskutečnil Wang [18], jehož soubor čítal 228 očí. Podobně jako jiní autoři zjistil, že nejvýznamnější rohovkovou aberací je sférická aberace Z (4,0), která je pozitivní, avšak podle Wanga se s věkem dále nezvyšuje. Nárůst hodnot s věkem zaznamenal pouze u koma a RMS aberací vyššího řádu.

Amano [2] na souboru 75 lidí prokázal zvyšování koma přední plochy rohovky s věkem, zatímco celkový aberační stav přední plochy rohovky ani sférická aberace Z (4,0) se neměnily. Ke stejnému závěru došel i Oshika [17].

Naproti tomu Fujikado [10], který na rozdíl od výše zmíněných prací vyšetřoval pomocí Shack-Hartmannova aberometru, u 66 osob neshledal žádnou korelaci aberací vyššího řádu s věkem. Podobně Artal [5] či Jahnke [12] připouštějí určitý nárůst rohovkových aberací s věkem, neshledávají ho však oproti nárůstu aberací celého optického systému oka významným.

Kromě změn souvisejících s věkem se studie často zaměřují na vliv kvality slzného filmu na aberační stav rohovky. Zde panuje shodný názor, že rohovkové aberace jsou nejnižší krátce po mrknutí (Montés-Micó [16]) a s rozpadem soudržnosti slzného filmu se zvyšují (Koh [14]), což je poznatek důležitý pro vyšetřování pacientů a spolehlivost naměřených hodnot.

Z dalších prací zaměřených na rohovkové aberace lze uvést výsledky Llorenteho [15], který objevil rozdíly mezi rohovkovými aberacemi u myopů a hypermetropů. Atchison [6] prokázal asymetrii aberací v nazální a temporální polovině rohovky. Jiní autoři, například Bühren [7] nebo Collins [8], uvádějí změnu rohovkových aberací při čtení a práci na krátkou vzdálenost, která je indukována změnou polohy horního víčka. Kawamorita [13] dokonce popsal změnu rohovkových aberací po změně polohy těla. Zajímavou studii publikoval Yeh [19], který sledováním dvojčat zjistil velmi pravděpodobnou genetickou predispozici pro hodnotu sférické aberace Z (4,0).

ZÁVĚR

Tato práce byla zaměřena na analýzu rohovkových aberací vyššího řádu u zdravých osob. Aberace rohovky jsou ovlivněny zejména aberacemi její přední plochy, která je významnějším refrakčním prostředím než plocha zadní. Dominantní rohovkovou aberací je sférická aberace Z (4,0), která má pozitivní hodnotu a narůstá s věkem. Významnějších hodnot mohou též nabývat aberace 3. řádu, především koma, u nějž je taktéž patrný nárůst s věkem. S tím souvisí i vyšší hodnota celkové aberace neboli root-mean-square aberací 3. a 4. řádu u starších osob. Znalost aberačního stavu zdravé rohovky a jeho změn s věkem může významně přispět ke zpřesnění diagnostiky rohovkových patologií, především ektázií, kde Scheimpflugova kamera se svým komplexním vyhodnocením parametrů předního očního segmentu přinesla nové diagnostické možnosti. Praktické aplikace se nabízejí také v oblasti refrakční a kataraktové chirurgie, kdy lze podle výše sférické aberace rohovky vybrat umělou nitrooční čočku, která tuto aberaci rohovky vhodně kompenzuje a celkovou sférickou aberaci oka tak snižuje na minimum.

LITERATURA

1. Oculus Pentacam/Pentacam HR: Instruction manual/User guide.
2. **Amano, S., Amano, Y., Yamagami, S. et al.:** Age-related changes in corneal and ocular higher-order wavefront aberrations. Am J Ophthalmol, 2004, 137: 988–92.
3. **Applegate, R.A., Marsack, J.D., Ramos, R. et al.:** Interaction between aberrations to improve or reduce visual performance. J Cataract Refract Surg, 2003, 29: 1487–95.
4. **Applegate, R.A.:** Glenn Fry award lecture 2002: wavefront sensing, ideal corrections, and visual performance. Optom Vis Sci, 2004, 81: 167–77.
5. **Artal, P., Berrio, E., Guirao, A. et al.:** Contribution of the cornea and internal surfaces to the change of ocular aberrations with age. J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis, 2002, 19: 137–43.
6. **Atchison, D.A.:** Higher order aberrations across the horizontal visual field. J Biomed Opt. 2006; 11(3): 34026. Erratum in: J Biomed Opt, 2006, 11: 059801.
7. **Buehren, T., Collins, M.J., Carney, L.G.:** Near work induced wavefront aberrations in myopia. Vision Res, 2005, 45: 1297–312.
8. **Collins, M.J., Buehren, T., Bece, A. et al.:** Corneal optics after reading, microscopy and computer work. Acta Ophthalmol Scand, 2006, 84: 216–24.
9. **Feuermannová, A., Komenda, I., Rozsíval, P.:** Wavefront analýza – nový směr v léčbě a vyšetřování refrakčních vad, 37–60. In: Trendy soudobé oftalmologie – svazek 4. Galén, Praha 2007, 325 s.
10. **Fujikado, T., Kuroda, T., Ninomiya, S. et al.:** Age-related changes in ocular and corneal aberrations. Am J Ophthalmol, 2004, 138: 143–6.
11. **Guirao, A., Redondo, M., Artal, P.:** Optical aberrations of the human cornea as a function of age. J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis, 2000, 17: 1697–702.
12. **Jahnke, M., Wirbelauer, C., Pham, D.T.:** Influence of age on optical aberrations of the human eye. Ophthalmologe, 2006, 103: 596–604.
13. **Kawamorita, T., Handa, T., Uozato, H.:** Changes of corneal aberrations in sitting and supine positions. Am J Ophthalmol, 2006, 141: 412–4.
14. **Koh, S., Maeda, N., Hirohara, Y. et al.:** Serial measurements of higher-order aberrations after blinking in normal subjects. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2006, 47: 3318–24.
15. **Llorente, L., Barbero, S., Cano, D. et al.:** Myopic versus hyperopic eyes: axial length, corneal shape and optical aberrations. J Vis, 2004, 4: 288–98.
16. **Montés-Micó, R., Alko, J.L., MuĖoz, G. et al.:** Postblink changes in total and corneal ocular aberrations. Ophthalmology, 2004, 111: 758–67.
17. **Oshika, T.:** Quantitative assessment of quality of vision. Nippon Ganka Gakkai Zasshi, 2004, 108: 770–808.
18. **Wang, L., Dai, E., Koch, D.D. et al.:** Optical aberrations of the human anterior cornea. J Cataract Refract Surg, 2003, 29: 1514–21.
19. **Yeh, L.K., Chiu, C.J., Fong, C.F. et al.:** The genetic effect on refractive error and anterior corneal aberration: twin eye study. J Refract Surg, 2007, 23: 257–65.

Do redakce doručeno dne 17. 8. 2010
Do tisku přijato dne 26. 11. 2010

MUDr. Sabina Čermáková
Klinika nemocí očních a optometrie
Fakultní nemocnice u svaté Anny v Brně
Pekařská 53
656 91 Brno
e-mail: cermakovas@fnusa.cz