

# ASFÉRICKÉ ČOČKY A JEJICH VLIV NA ZRAKOVOU OSTROST, HLOUBKU OSTROSTI, SFÉRICKOU ABERACI A KONTRASTNÍ CITLIVOST

## SOUHRN

Práce srovnává zrakové funkce po operaci šedého zákalu a implantaci sférických (AAB00) a asférických (ZCB00, MX60) nitroočních čoček (NČ). Studie probíhala v letech 2017–2018 na Evropské oční klinice Lexum Brno. Zkoumaný soubor obsahuje 60 očí. Studie cílila především na srovnání korigované zrakové ostrosti do dálky (DCVA), pooperační hodnotu celkové sférické aberace (SA), interval hloubky ostrosti na blízko a kontrastní citlivost. Ke statistické analýze byl použit jednofaktorový ANOVA test. Téměř všechny sledované hodnoty byly statisticky významně lepší u skupiny asférických NČ. Jednalo se o DCVA (ZCB00:  $p=0,048$ ; MX60:  $p=0,001$ ), celkovou pooperační hodnotu SA (ZCB00:  $p<0,000$ ; MX60:  $p=0,003$ ) a kontrastní citlivosti v nižších mezopických podmínkách (ZCB00:  $p=0,041$ ; MX60:  $p=0,012$ ). Rozdíl v intervalu hloubky ostrosti na blízko vzdálenost nebyl mezi těmito NČ statisticky významný.

**Klíčová slova:** Sférická aberace, hloubka ostrosti, kontrastní citlivost, ZCB00, AAB00, MX60, korigovaná zraková ostrost do dálky

## SUMMARY

### ASPHERICAL IOLS AND THEIR EFFECT ON VISUAL ACUITY, DEPTH OF FIELD, SPHERICAL ABERRATION AND CONTRAST SENSITIVITY

The work compares visual functions after cataract surgery and implantation of spherical (AAB00) and aspherical (ZCB00, MX60) intraocular lenses (IOL). The study was conducted in the years 2017–2018 at the European Eye Clinic Lexum Brno. The examined group contains 60 eyes. The study focused primarily on the comparison of distance corrected visual acuity (DCVA), the postoperative value of the total spherical aberration (SA), the depth of field (DoF) for the near and the contrast sensitivity. A single-factor ANOVA test was used for statistical analysis. Nearly all of the monitored values were statistically significantly better for the aspheric IOL group. It was DCVA (ZCB00:  $p=0.048$ , MX60:  $p=0.001$ ), the total postoperative SA (ZCB00:  $p<0.000$ , MX60:  $p=0.003$ ) and contrast sensitivity in lower mesopic conditions (ZCB00:  $p=0.041$ ; MX60:  $p=0.012$ ). Only DoF was statistically insignificant.

**Keywords:** Spherical aberration, depth of field, contrast sensitivity, ZCB00, AAB00, MX60, DCVA

Čes.a slov. Oftal., 74, 2018, No.3, p. 87-91

## ÚVOD

Obecně víme, že z aberací třetího řádu, pro nízké prostorové úhly, mají největší vliv na vidění kóma a sférická aberace. Ostatní aberace vyšších řádů se u očního systému rovnají téměř nule. Díky osově symetričnosti lze lépe korigovat sférickou aberaci, oproti osově asymetrické kómě [1]. Průměrná rohovková sférická aberace (SA) je  $+0,27 \mu\text{m}$ , u Asiátů  $+0,37 \mu\text{m}$  [2]. Sférická nitrooční čočka přidává k této SA dalších  $+0,15 \mu\text{m}$ . Asférická optika poskytuje lepší redukci optických aberací nejen blízko optické osy čočky, ale i mimo ni. Proto je výhodou zvolit tuto čočku například u decentrovaných zornic, kapsul či povolených závěsů aparátu čočky. Z fyzikální optiky také víme, že jak pozitivní, tak negativní SA prohlubuje

hloubku ostrosti. Studie dále ukazují, že SA o hodnotě  $-0,15 \mu\text{m}$  má lepší vliv na hloubku ostrosti než její kladná forma [3,4]. Pokud se SA rovná nule, pacient by měl mít na úkor menšího intervalu hloubky ostrosti (IHO), vyšší maximální zrakovou ostrost.

## METODIKA

Retrospektivní studie obsahovala 3 druhy nitroočních čoček (NČ): asférické enVista MX60 ( $n=20$ ), Tecnis ZCB00 ( $n=20$ ) a sférická Sensor AAB00 ( $n=20$ ). Tyto čočky ovlivňují SA v 6 mm své optické části o následující hodnoty: enVista MX60  $0.00 \mu\text{m}$ , Tecnis ZCB00  $0.27 \mu\text{m}$  a AAB00  $+0,15 \mu\text{m}$ . Rohovková SA byla měře-

<sup>1,2</sup>Vlasák O., <sup>1</sup>Škorpíková J., <sup>2</sup>Hlinomazová Z., <sup>2</sup>Kalandrová V.

<sup>1</sup>Biofyzikální ústav Lékařské fakulty MU, Brno, přednosta prof. RNDr. Vojtěch Mornstein, CSc.

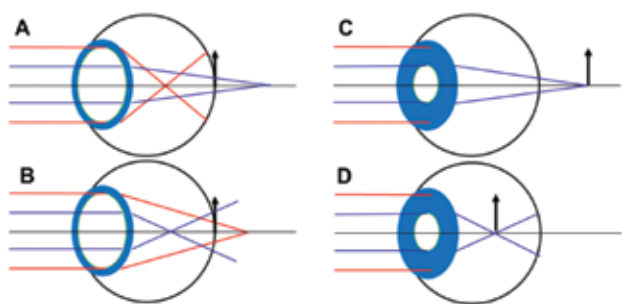
<sup>2</sup>Evropská oční klinika Lexum, lékařská ředitelka doc. MUDr. Zuzana Hlinomazová, Ph.D.

Autoři práce prohlašují, že vznik i téma odborného sdělení a jeho zveřejnění není ve střetu zájmu a není podpořeno žádnou farmaceutickou firmou.



Do redakce doručeno dne: 13.6.2018  
Do tisku přijato dne: 18.7.2018

MUDr. Ondřej Vlasák  
Biofyzikální ústav Lékařské fakulty MU,  
Brno  
vlasak.ondrej@email.cz



Obr. 1: Emetropické oči s 6 mm zornicí a pozitivní (A), negativní (B) sférickou aberací. Periferní paprsky se více lámou jak paraxiální. Stejně oči po akomodativní mióze (C a D). Eliminace periferních paprsků a tím i SA způsobí hypermetropický (C) a myopický (D) posun. V případě B-D tedy dochází ke zlepšenému vidění na bližší vzdálenost.

na před i pooperačně (min 1 měsíc) na přístroji Atlas (Carl Zeiss Meditec, Oberkochen, Germany) a Pentacam (Oculus Optikgerate GmbH, Wetzlar, Germany). Celková SA byla zjištěna měsíc po operaci na přístroji WASCA (Carl Zeiss Meditec, Oberkochen, Germany). Šíře zornice se měřila za nižších mezopických podmínek cca 1 lux (vidění v noci za jasného měsíce) [5]. Vyhodnocení bylo přímo závislé na šíři zornice, tzn.: pokud se naměřila zornice 3,65 mm, hodnoty aberací vyšších řádů se kalkulovaly ze zóny 3,5 mm, tyto zóny byly odstupňovány v 0,5 mm krocích. Minimální analyzovaná zóna ve studii byla 2,5 mm (šíře zornice byla 2,65 mm), maximální 5,5 mm (šíře zornice byla 5,66 mm). Ve studii byli zahrnuti

pacienti pouze europoidní rasy. Oči nesměly vykazovat žádnou patologii ovlivňující kontrastní citlivost. Zraková ostrost a kontrastní citlivost se měřila pomocí automatického foropteru CV-5000Pro a optotypu CC-100XP (Topcon, Tokyo, Japan). Bylo změřeno 76 očí, kritériím pro studii vyhovovalo 60 očí. Náplní pooperační kontroly byla monokulární i binokulární (pouze Schöberův test) subjektivní refrakce, měření kontrastní citlivosti, intervalu hloubky ostrosti s hlavní rovinou ostrosti v 40 cm. Měření subjektivní refrakce a přidružených veličin probíhalo při osvětlení cca 301 lux (28fc). Kontrastní citlivost se vyšetřovala monokulárně na 0,8 řádku při postupném snižování kontrastu. Například výsledná hodnota 1,0 znamená, že pacient přečetl řádek 0,8, který měl o 50 % snížený kontrast. Hlavní rovina ostrosti (HRO) na blízko byla stanovena na vzdálenost 40 cm, ve 100 % případů ji bylo dosaženo pomocí adice +2,50 D. Po stanovení správné hodnoty adice se měřil IHO. Pacient byl požádán o fixaci 3 písmen vedle sebe z řádku 0,8 Snellenovy čtecí tabulky na blízko (představuje velikost 1 na Jägerových tabulkách). Dále docházelo k postupnému přibližování textu, až pacient uvedl, že již spolehlivě daná písmena nerozezná. Poté byl text ještě více přiblížen, aby došlo k úplnému rozostření vjemu a následně byl text oddalován až do znovuzaostření trojice písmen. Z těchto dvou vzdálenostních hodnot byl proveden aritmetický průměr a výsledek byl zaznamenán jako blízky bod s korekcí na blízko (Push up test). Obdobný postup se provedl pro zjištění dalekého bodu s korekcí na blízko, s tím rozdílem, že se hledal vzdálenější fokus. Výsledná hodnota IHO byla rovna vergenci rozdílu těchto dvou vzdálenos-

Tabulka č. 1. Popisná statistika celého vzorku

	N	Průměr	SD	Int. spo- lehl. (-95%)	Int. spo- lehl. (95%)	Medián	Minimum	Maximum
Věk	60	73,63	8,16	71,53	75,74	73,00	56,00	99,00
Preop. SE	60	-1,68	3,22	-2,53	-0,84	-1,25	-10,38	5,25
Rohovková SA	60	0,10	0,06	0,08	0,12	0,09	0,02	0,24
Šíře zornice za nižších mezopických podmínek	60	4,53	0,76	4,33	4,73	4,76	2,65	5,66
Analyzovaná aberační oblast	60	4,32	0,73	4,13	4,51	4,50	2,50	5,50
Optická mohutnost IOL	60	21,05	2,98	20,22	21,88	21,50	11,50	26,00
UDVA	60	0,97	0,18	0,92	1,02	1,00	0,00	1,24
CDVA	60	1,27	0,16	1,23	1,31	1,22	0,94	1,54
Postop. SE	60	-0,25	0,76	-0,45	-0,06	-0,13	-3,63	0,88
IHO pro hpb 40 cm	60	1,29	0,35	1,20	1,38	1,23	0,48	2,27
Kontrastní cit. na 0,8 řádku	60	1,01	0,19	0,96	1,06	1,06	0,40	1,34
Postop. celková SA	60	0,24	0,16	0,19	0,28	0,20	-0,02	0,66

Zkratky: SE – sférický ekvivalent, SA – sférická aberace, IOL – nitrooční čočka, UDVA – nekorigovaná zraková ostrost na dálku, CDVA – korigovaná zraková ostrost na dálku, IHO – interval hloubky ostrosti

tí a představovala „pseudoakomodační“ šíři pacientova oka s jednoohniskovou NČ (interval, ve kterém byl pacient schopen přečíst 0,8 řádek). Pacienti byli operováni 3 zkušenými chirurgy. Vždy byla použita temporální vstupní incize o šíři 2,2 mm. Analýza dat proběhla v programu STATISTICA 12 (Statistica, Tulsa, OK, US). Dle četnosti a grafického vzhledu histogramů dat byl ke statistické analýze použit jednofaktorový ANOVA test. Statistická významnost výsledků byla hodnocena na 5 % hladině významnosti ( $p < 0.05$ ).

Tabulka č. 2. Kategořální popis zkoumaného vzorku.

	Žena	Muž	ZCB00	MX60	AAB00
Četnost	22	16	20	20	20
Rel. četnost	36,67	26,67	33,33	33,33	33,33

Tabulka č. 3. Rozkladová popisná statistika celého vzorku.

	Rohovková SA	Průměr zornice	Celková SA postop	Optická mohutnost IOL
ZCB00	0,11 $\mu\text{m}$	4,84 mm	0,11 $\mu\text{m}$	19,81 D
MX60	0,08 $\mu\text{m}$	4,41 mm	0,26 $\mu\text{m}$	20,41 D
AAB00	0,10 $\mu\text{m}$	4,36 mm	0,33 $\mu\text{m}$	22,83 D

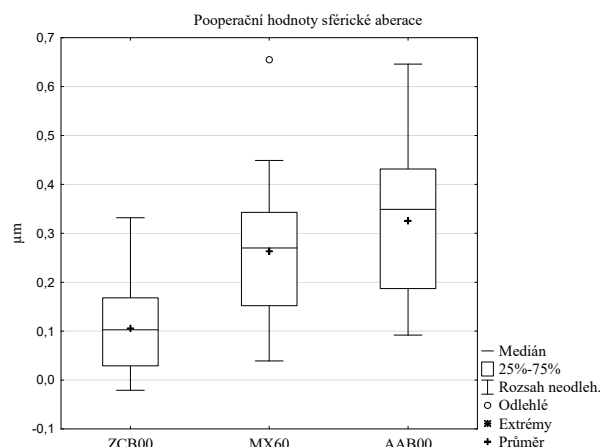
Vstupní hodnoty SA, šíře zornice nebyly významně statisticky odlišné. Optická mohutnost IOL byla statisticky významně vyšší u implantací AAB00 oproti ZCB00 ( $p=0,007$ ) a MX60 ( $p=0,038$ ).

## VÝSLEDKY

Níže uvádíme vybrané výsledky, které považujeme za nejpodstatnější. Graficky jsou znázorněny hodnoty pooperační SA, IHO, DCVA a kontrastní citlivosti. Ke každému grafu je pro přehlednost přidružena i tabulka s popisem. Hodnota M představuje medián naměřených hodnot pro daný typ NČ.

## DISKUSE

Předoperační hodnota rohovkové SA činila  $0,10 \pm 0,06 \mu\text{m}$  a statisticky se nelišila od hodnot pooperačních ( $p=0,46$ ). Lze tedy tvrdit, že SA nebyla ovlivněna chirurgickým zákrokem při operaci katarakty. Ke stejným závěrům došel i T.M. Al-Sayyari [6]. Jian-ping Liu [7] a kol. provedli meta-analýzu 7 studií zkoumajících rozdíl mezi sférickou AcrySof Natural a asférickou AcrySof IQ. Obdobně jako v naší studii zjistili, že oči po implantaci asférické NČ mají statisticky lepší kontrastní citlivost v mezopických podmínkách a nižší hodnotu celkové pooperační SA než oči se sférickými NČ. Dále uvedli, že nalezli statisticky významný rozdíl pooperační zrakové ostrosti mezi těmito čočkami ( $p=0,137$ ), čímž se od naší studie liší (ZCB00:  $p=0,048$ ; MX60:  $p=0,001$ ). Pro posouzení intervalu hloubky ostrosti na blízko mezi sférickými a asférickými NČ

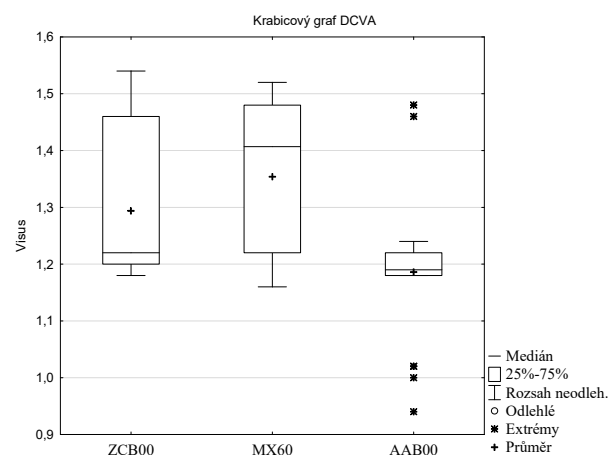


Graf č. 1. Krabicový graf pooperačních hodnot SA

Tabulka č. 4. Statistika rozdílu 3 typů IOL pro SA.

	SA Označ. rozdíly jsou významné na hlad. $p < ,050$		
	{1} (M=,106)	{2} (M=,263)	{3} (M=,326)
ZCB00 {1}		0,003	0,000
MX60 {2}	0,003		0,345
AAB00 {3}	0,000	0,345	

Celková sférická aberace je pooperačně statisticky významně nižší u asférických IOL oproti sférickým. Jmenovitě ZCB00 ( $p < 0,000$ ), MX60 ( $p=0,003$ ).

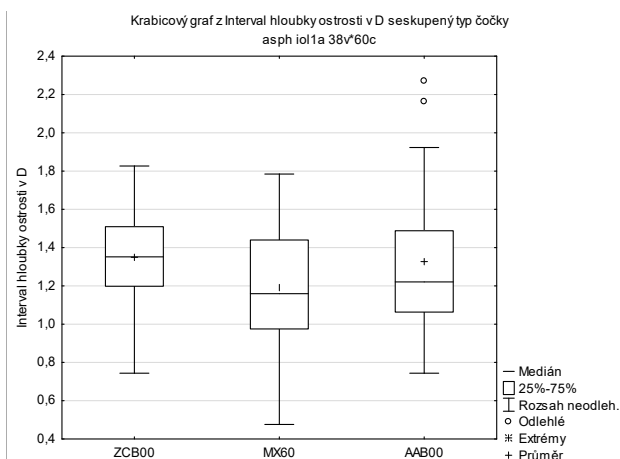


Graf č. 2. Krabicový graf pooperačních hodnot DCVA

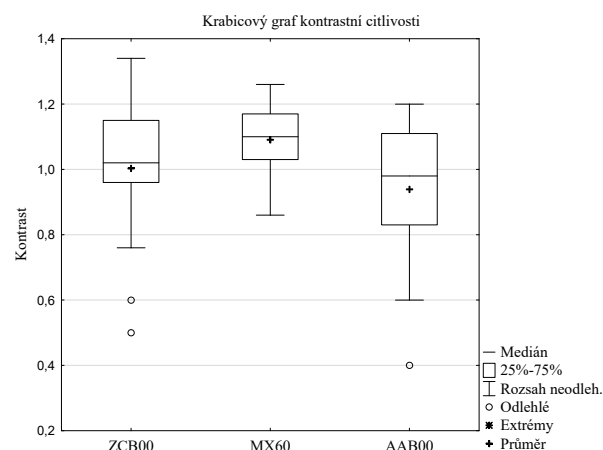
Tabulka č. 5. Statistika rozdílu DCVA pro 3 typy IOL.

	DCVA Označ. rozdíly jsou významné na hlad. $p < ,050$		
	{1} (M=1,29)	{2} (M=1,35)	{3} (M=1,19)
ZCB00 {1}		0,375	0,048
MX60 {2}	0,375		0,001
AAB00 {3}	0,048	0,001	

DCVA je pooperačně statisticky významně vyšší



Graf č. 3. Krabicový graf pooperačních hodnot IHO



Graf č. 4. : Krabicový graf pooperačních hodnot kontrastní citlivosti.

Tabulka č. 6. Statistika rozdílu IHO pro 3 typy IOL.

	Interval hloubky ostrosti v D Označ. rozdíly jsou významné na hlad. $p < ,050$		
	{1} (M=1,35)	{2} (M=1,19)	{3} (M=1,32)
ZCB00 {1}		0,38	0,97
MX60 {2}	0,38		0,51
AAB00 {3}	0,97	0,51	

V intervalu hloubky ostrosti jsme nenalezli mezi třemi typy IOL žádný statisticky signifikantní rozdíl.

Tabulka č. 7. Statistika rozdílu kontrastní citlivosti pro 3 typy IOL.

	Kontrastní citlivost Označ. rozdíly jsou významné na hlad. $p < ,050$		
	{1} (M=1,06)	{2} (M=1,09)	{3} (M=,94)
ZCB00 {1}		0,83	0,04
MX60 {2}	0,83		0,01
AAB00 {3}	0,04	0,01	

Tabulka č. 8. Rozkladová popisná statistika intervalu hloubky ostrosti.

	N	Průměr	SD	Int. spolehl. (-95%)	Int. spolehl. (+95%)	Minimum	Maximum	Medián
ZCB00	20	17,74	3,56	16,08	19,41	10,00	23,00	17,63
MX60	20	16,08	4,49	13,98	18,18	7,00	26,50	16,00
AAB00	20	17,03	3,96	15,17	18,88	10,00	26,00	17,50
Vš.skup.	60	16,95	4,01	15,91	17,99	7,00	26,50	17,00

Přehled hodnot IHO v cm pro všechny tři typy NČ.

neexistuje mnoho studií. Ty nejznámější uvádí a srovnává Xian-Hui Gong[8]. Tyto studie se různí v názoru efektu SA na IHO. K. Rocha a S. Marcos [4,9] uvádí, že IHO je statisticky vyšší u skupiny s vyšší SA. Oproti tomu M. R. Santiago a kol. [10] nenašli statisticky významnou korelaci mezi SA a IHO. S tímto faktem souhlasí samotný Xian a také naše výsledky, kdy studie potvrdila statisticky významný rozdíl v celkové hodnotě pooperační SA (ZCB00:  $p < 0,000$ ; MX60:  $p = 0,003$ ), avšak hodnota IHO byla mezi skupinami statisticky nevýznamná (ZCB00:  $p = 0,97$ ; MX60:  $p = 0,51$ ). Asférická ZCB00 měla dokonce lehce vyšší hodnotu IHO než AAB00 (1,35 D oproti 1,32 D). Sekundárně jsme sledovali maximální ostrost na blízkou vzdálenost. U sférické NČ byla zraková ostrost v celém IHO relativně konstantní (0,8 řádek téměř v celém intervalu), u asférických NČ dosahovala vyšší maximální hodnoty (1,0+ řádek v centru IHO a dále docházelo ke snížení zrakové ostrosti). Bohužel jsme

neměli Snellenovy čtecí tabulky na blízkou vzdálenost pro vyšší hodnotu visus 1,0, proto jsme tuto skutečnost statisticky nevyhodnocovali. Lze však konstatovat, že asférické NČ mají pravděpodobně i na čtecí vzdálenost vyšší maximální zrakovou ostrost, jako NČ sférické, aniž by redukovali IHO.

## ZÁVĚR

Z naměřených výsledků a výše uvedených informací vyplývá, že volba asférické nitrooční čočky je ideální u pacientů s širokými zornicemi, s požadavkem maximální možné zrakové ostrosti a kontrastu a dále pak u pacientů s vyšší dioptrickou hodnotou NČ. Vědecké články napsané o této problematice také zmiňují benefit v podobě lepší optické homogenity a tím prospěch u pacientů s de-

centrovaným optickým systémem oka (povolený závěsný aparát, excentrická zornice atd.) [11]. Obě asférické NČ (ZCB00, MX60) dosáhly vyšší hodnoty korigované zrakové ostrosti do dálky (ZCB00:  $p=0,048$ ; MX60:  $p=0,001$ ), lepší kontrastní citlivosti v nižších mezopických podmínkách

(ZCB00:  $p=0,041$ ; MX60:  $p=0,012$ ) a nižší celkovou pooperační SA (ZCB00:  $p < 0,000$ ; MX60:  $p=0,003$ ) než u sférické AAB00. Rozdíl v intervalu hloubky ostrosti na blízkou vzdálenost (40 cm) nebyl mezi těmito NČ statisticky významný.

## LITERATURA

1. **Porter, J., Guirao, A., Cox, IG. et al.:** Monochromatic aberrations of the human eye in a large population. *J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis.* 2001;18(8):1793-1803.
2. **Beiko, G.:** Understanding Corneal Asphericity and IOLs. <https://www.reviewofophthalmology.com/article/understanding-corneal-asphericity-and-iols>. Accessed June 26, 2018.
3. **Bakaraju, RC., Ehrmann, K., Papas, EB. et al.:** Depth-of-Focus and its Association with the Spherical Aberration Sign. A Ray-Tracing Analysis. *J Optom.* 2010;3(1):51-59. doi:10.3921/joptom.2010.51
4. **Marcos, S., Barbero, S., Jiménez-Alfaro, I.:** Optical quality and depth-of-field of eyes implanted with spherical and aspheric intraocular lenses. *J Refract Surg Thorofare NJ* 1995. 2005;21(3):223-235.
5. **Zeile, AJ., Cao, D.:** Vision under mesopic and scotopic illumination. *Front Psychol.* 2015;5. doi:10.3389/fpsyg.2014.01594
6. **Al-Sayyari, TM., Fawzy, SM., Al-Saleh, AA.:** Corneal spherical aberration and its impact on choosing an intraocular lens for cataract surgery. *Saudi J Ophthalmol.* 2014;28(4):274-280. doi:10.1016/j.sjopt.2014.06.005
7. **Liu, J-P., Zhang, F., Zhao, J-Y. et al.:** Visual function and higher order aberration after implantation of aspheric and spherical multifocal intraocular lenses: a meta-analysis. *Int J Ophthalmol.* 2013;6(5):690-695. doi:10.3980/j.issn.2222-3959.2013.05.27
8. **Gong, X-H., Zheng, Q-X., Wang, N. et al.:** Visual and optical performance of eyes with different corneal spherical aberration implanted with aspheric intraocular lens. *Int J Ophthalmol.* 2012;5(3):323-328. doi:10.3980/j.issn.2222-3959.2012.03.14
9. **Rocha, KM., Soriano, ES., Chamon, W. et al.:** Spherical aberration and depth of focus in eyes implanted with aspheric and spherical intraocular lenses: a prospective randomized study. *Ophthalmology.* 2007;114(11):2050-2054. doi:10.1016/j.ophtha.2007.01.024
10. **Santhiago, MR., Netto, MV., Barreto, J. et al.:** Wavefront analysis, contrast sensitivity, and depth of focus after cataract surgery with aspherical intraocular lens implantation. *Am J Ophthalmol.* 2010;149(3):383-389. e1-2. doi:10.1016/j.ajo.2009.09.019
11. **Atchison, DA.:** Optical design of intraocular lenses. II. Off-axis performance. *Optom Vis Sci Off Publ Am Acad Optom.* 1989;66(9):579-590.