proLékaře.cz | 2.11.2026

PRESNOSŤ PREDIKCIE POOPERAČNEJ REFRAKCIE V ZÁVISLOSTI NA RÔZNYCH PREMENNÝCH

Popov I.[1], Valašková J.[1], Krasnik V.[1], Tomčíková D.[2]

[1]Klinika oftalmológie LFUK a UNB Ružinov, Bratislava, Slovensko
[2]Klinika detskej oftalmológie LF UK a NÚDCH, Bratislava, Slovensko

Autori práce prehlasujú, že vznik aj téma tejto práce a jej uverejnenie nie je v rozpore záujmov a nie je podporené žiadnou farmaceutickou firmou.



Do redakce doručeno dne: 22. 7. 2018
Do tisku přijato dne: 31. 8. 2018

MUDr. Ivajlo Popov, FEBO
Klinika oftalmológie LFUK a UNB Ružinov, Bratislava, Slovensko
Email: ivajlo.popov@gmail.com
Tel: +421944365777

SÚHRN

Ciele: Analyzovať naše výsledky refrakcie po operácii sivého zákalu v závislosti od rôznych premenných akými sú rôzne typy monofokálnych umelých vnútroočných šošoviek, vzorce pre ich výpočet, pohlavie, vek a lateralita,
Miesto výskumu: Klinika oftalmológie LFUK a UNB Ružinov, Bratislava, Slovensko
Dizajn: Retrospektívna štúdia.
Metodika: Analyzovali sme 173 očí (118 pacientov) po nekomplikovanej operácii sivého zákalu. Zisťovali sme rozdiel a absolútny rozdiel medzi skutočnou a odhadovanou pooperačnou refrakciou, tzv. priemernú chybu predikcie pooperačnej refrakcie (prediction error, PE) a jej priemernú absolútnu hodnotu (mean absolute error, MAE).
Výsledky a záver: Neboli preukázané štatisticky významné rozdiely v PE a MAE v závislosti od jednotlivých vzorcov, typov umelých vnútroočných šošoviek, pohlavia, veku a laterality.
Kľúčové slová: Optická biometria, monofokálna IOL, kalkulácia IOL, refrakčná chyba

SUMMARY

EFFECT OF MULTIPLE VARIABLES ON THE REFRACTIVE ERROR AFTER CATARACT SURGERY

Purpose: To analyze refractive results after cataract surgery in relation to used type of monofocal intraocular lens, calculation formula, to age, gender and laterality.
Settings: Department of Ophthalmology, Comenius University and University hospital in Bratislava, Slovakia
Methods: We analyzed 173 eyes (118 patients) after uneventful cataract surgery. We calculated prediction error (PE) and mean absolute error (MAE) of postoperative refraction.
Results and conclusion: We found no statistically significant differences in PE and MAE in relation to types of used IOL, calculation formulas, gender, age or laterality.
Key words: Optical biometry, monofocal IOL, IOL calculation, refractive error

Čes. a slov. Oftal., 74, 2018, No. 4, p. 158-161

ÚVOD

Operácia katarakty prešla výrazný posun od 29. 11. 1949, keď Sir Harold Ridley implantoval prvú umelú vnútroočnú šošovku (IOL, z ang. intraocular lens) vyrobenú z polymethylmethacrylátu [1]. Prvým pacientom bola žena, ktorej pooperačná refrakcia bola vysoká myopia až -14 D. Dnes operácia sivého zákalu nie je iba procedúra na obnovenie čírosti optických médií, ale aj na úpravu refrakčných vád. So zdokonaľovaním techniky operácií a biometrických metód sme sa výrazné posunuli oproti prvej Ridleyho šošovky. Viac ako 90% operovaných očí dosahuje pooperačnú refrakciu (udanej v sférickom ekvivalente) v rozmedzí +/- 1 D [2]. Na celkový výsledok operácie katarakty vplýva mnoho faktorov. Najdôležitejšími je precízna biometria a správne zvolený vzorec na výpočet dioptrickej sily IOL. Okrem nich sú podstatné taktiež materiál, tvar a iné parametre ako individuálne hojenie rán, kontrakcia puzdra a mnoho ďalších. Preto sme sa rozhodli porovnať niektoré vstupné a výstupné parametre pri operácii katarakty a zhodnotiť naše výsledky.

SÚBOR A METODIKA

Náš výskum bol realizovaný v priestoroch Kliniky oftalmológie LFUK a UNB Bratislava. Retrospektívne sme analyzovali dáta z vyšetrení u pacientov pred a po operácii katarakty. Celkovo sme do súboru zahrnuli 173 očí (118 pacientov). Z celkového počtu 118 pacientov bolo 48 mužov a 70 žien. Pacienti boli vo veku od 27 do 90 rokov. Priemerný vek bol 70,7 ± 9,84 rokov. Všetci pacienti, ktorí sa zúčastnili výskumu boli operovaní na klinike pre sivý zákal s implantáciou IOL. Všetky predoperačné a pooperačné vyšetrenia vrátane operácie samotnej boli realizované v období od septembra 2014 do marca 2017. Samotná operácia bola realizovaná viacerými chirurgami, ale s rovnakým umiestením rohovkových rezov. Pacienti pred operáciou katarakty absolvovali meranie biometrických parametrov oka pomocou optického biometra Lenstar LS900 (Haag-Streit, USA) vyžívajúci princíp OLCR (Optical Low-Coherence Reflectometry). Pri výpočte potrebnej IOL bol zvolený vzorec podľa doporučení a skúseností pracoviska a to následne: pre

proLékaře.cz | 2.11.2026

axiálne dlžky očného bulbu (AL, z ang. axial length) menšie ako 22 mm bol použitý vzorec Hoffer Q, pre AL od 22 mm do 24,5 mm bol použitý SRK-II, pre AL väčšie ako 24,5 mm a zároveň menšie ako 26 mm bol použitý Holladay 2 a pre AL väčšie alebo rovné 26 mm bol použitý vzorec SRK-T. Na analýzu boli vybraté oči, ktoré podstúpili nekomplikovanú operáciu katarakty s implantáciou IOL do puzdra. Oči neboli selektované na základe axiálnej dĺžky oka. Všetci pacienti v súbore mali zmeranú refrakciu operovaného oka najmenej 5 dní po operácii pomocou automatického keratorefraktometra (Nidek Medical ARK-500A, NIDEK CO., LTD., Japan). Pacienti, ktorí pri meraní vykazovali akúkoľvek anomáliu súvisiacou s operáciou šivého zákalu (napr. edém epitelu rohovky, strie descemetovej membrány, anomálie tvaru a lokalizácie zrenice, a iné) boli vylúčení zo sledovania. Všetky refrakcie boli udávané ako sférický ekvivalent refrakcie (SE). Odhadovaná pooperačná refrakcia bola určená z tabuliek automaticky vypočítaných prístrojom Lenstar LS900 na základe zvolenej IOL. Lenstar LS900 pri výpočte pracoval so zvoleným chirurgicky indukovaným astigmatizmom veľkosti 0,5 D. Rozdiel medzi odhadovanou a reálne nameranou refrakciou po operácii slúžil na zistenie priemernej chyby predikcie pooperačnej refrakcie (z ang. prediction error, PE), jej absolútnej hodnoty (z ang. absolute error, AE) a jej priemeru absolútnej hodnoty (z ang. mean absolute error, MAE). Dáta boli analyzované a interpretované za pomoci popisnej štatistiky. Na zhodnotenie vzťahu medzi jednotlivými premennými sme použili Pearsonov korelačný koeficient. Na porovnanie priemerov bol použitý t-test. U všetkých štatistických analýz bola zvolená hladina významnosti 5%. Dáta boli štatisticky spracované pomocou softwaru IBM® SPSS® Statistics.

VÝSLEDKY

Popisnú štatistiku súboru ukazuje (tabuľka 1). Z tabuľky vidíme, že rozmery očí sa nevymykali výrazne od priemeru v našej populácii [3].

Tabuľka 1. Popisná štatistika súboru

	N	Minimum	Maximum	Priemer	Štandardná odchýlka
Vek [roky]	173	27	90	70,7	9,84
PE [D]	173	-3,74	1,94	-0,03	0,77
AE [D]	173	0,01	3,74	0,55	0,53
Dioptrická sila IOL [D]	173	2,00	34,00	20,23	4,67
Axiálna dĺžka [mm]	173	19,69	30,43	23,94	1,98

PE – prediction error (z ang. chyba odhadu)
AE –absolute error (z ang. absolútna chyba odhadu)
IOL - umelá vnútroočná šošovka (z ang. intraocular lens)

Porovnali sme rozdiely v chybe predikcie pooperačných refrakcií medzi pohlaviami (tabuľka 2). Rozdiely v PE aj MAE neboli štatisticky signifikantné ($p \geq 0,05$).

Pooperačná chyba predikcie refrakcie medzi pravým a ľavým okom nebola ani klinicky ani štatisticky signifikantná (tabuľka 3).

Pre jednotlivé axiálne dĺžky oka sa na našom pracovisku využívajú rôzne vzorce na výpočet dioptrickej sily IOL, preto sme porovnali presnosť vzorcov navzájom (tabuľka 4). Okrem porovnania vzorcov sme zobrazili aj priemernú dioptrickú silu implantovanej IOL pre jednotlivé vzorce.

Chyba predikcie refrakcie ako aj jej absolútna hodnota nie sú štatisticky signifikantné. Klinický význam tiež nie je výrazný. Výsledky poukazujú, že vzorce Hoffer-Q a Holladay, ktoré patria k novším generáciám vzorcov vykazujú mierne myopický posun pooperačnej refrakcie. Priemerná dioptrická sila implantovanej šošovky sa výrazne líši pre jednotlivé vzorce, čo pravdepodobne súvisí z rozdielnou axiálnou dĺžkou oka, u ktorých boli dané vzorce používané.

Analyzovali sme, ktoré typy IOL dosahovali najlepšie pooperačné výsledky. Na našom pracovisku sú niektoré modely preferované viac u určitých pacientov. Napríklad trojkusová IOL Tecnis® ZA9003 je oveľa častejšie používaná u neštandardných očí ako napríklad u očí s vysokou myopiou, kde očakávame rozvoľnenie závesného aparátu. U týchto očí

Tabuľka 2. Rozdiely medzi pohlaviami

Pohlavie		PE [D]	AE [D]	Dioptrická sila IOL [D]
Muži	Priemer	0,02	0,54	19,06
	SD	0,74	0,50	4,47
Ženy	Priemer	-0,07	0,56	20,99
	SD	0,79	0,55	4,66

PE – prediction error (z ang. chyba odhadu)
AE –absolute error (z ang. priemerná absolútna chyba)
SD - Štandardná odchýlka (z ang. Standard deviation)
IOL - umelá vnútroočná šošovka (z ang. intraocular lens)

Tabuľka 3. Rozdiel medzi pravým a ľavým okom

Oko		PE [D]	AE [D]
Pravé	Počet	91	91
	Priemer	-0,06	0,49
	SD	0,71	0,51
Ľavé	Počet	82	82
	Priemer	-0,01	0,62
	SD	0,83	0,54

PE – prediction error (z ang. chyba odhadu)
AE –absolute error (z ang. priemerná absolútna chyba)
SD - Štandardná odchýlka (z ang. Standard deviation)

proLékaře.cz | 2.11.2026

s vyššou axiálnou dĺžkou býva častejší výskyt nepresností v meraní a v pooperačnom výsledku [4], preto by mohli byť údaje skreslené v neprospech tohto typu IOL. Na základe tohto predpokladu sme sa rozhodli porovnať jednotlivé typy IOL iba u očí s axiálnou dĺžkou od 22 do 26 mm (vzorce SRK-II a Holladay). Pooperačné výsledky u jednotlivých typov IOL sú zobrazené v tabuľke 5.

Rozdiel výsledkov medzi jednotlivými IOL v tabuľke 5 nedosiahol štatistickú významnosť. Na overenie už vyššie spomínaného empirického pozorovania, že oči s extrémnou axiálnou dĺžkou dosahujú horšie pooperačné výsledky refrakcie, sme analyzovali koreláciu medzi absolútnym rozdielom pooperačnej refrakcie a silou implantovanej IOL, ktorá nepriamo súvisí s axiálnou dĺžkou. Korelácia nebola ani klinicky ani štatisticky signifikantná (r = 0,05; p ≥ 0,05).

Analyzovali sme aj hypotézu, či rastúci vek môže súvisieť s horším pooperačným výsledkom. Vypočítali sme koreláciou medzi absolútnym rozdielom pooperačnej refrakcie a vekom, kde sme dokonca pozorovali negatívnu koreláciu, ktorá však nebola štatisticky signifikantná (r = -0,07; p≥ 0,05).

DISKUSIA

Z našich výsledkov vyplýva, že operácia katarakty s implantáciou IOL je veľmi presný a predvídateľný zákrok s pohľadu refrakčného výsledku. Z našich sledovaných parametrov sme dokázali, že priemerné predikčné chyby refrakcií medzi pohlaviami neboli štatisticky signifikantné. U mužov bola implantovaná v priemere o 1,93 D slabšia IOL ako u žien, čo pravdepodobne súvisí s priemerne dlhšími očami u mužov než u žien [3,5].

Pri porovnaní vzorcov používaných u nás, sme nedospeli k štatisticky ani klinicky významnému rozdielu ich úspešnosti. Môžeme však brať na zreteľ, že vzorce Hoffer-Q a Holladay, ktoré patria k novším generáciám vzorcov vykazujú mierne myopický posun pooperačnej refrakcie. Priemerná dioptrická sila implantovanej šošovky sa výrazne líši pre jednotlivé vzorce, čo pravdepodobne súvisí z rozdielnou axiálnou dĺžkou oka, u ktorých boli dané vzorce používané. Naše výsledky pre jednotlivé vzorce a axiálne dĺžky sme porovnali s podobne konštruovanou štúdiou, kde u vzorca Hoffer Q bol PE= -0,22 D a MAE = +0,499 D, u vzorca Holladay bol PE = +0,12 D a MAE = +0,405 D, u vzorca SRK/T bol PE = -0,20 D a MAE = +0,484 D [6]. SRK-II patrí medzi najstaršie vzorce a je väčšinou dnešných štúdií zatracovaný. Podľa našich výsledkov aj iných publikácií [7] sa jedná veľmi presný vzorec. Čo potvrdzuje, že výber vzorca by mal byť na skúsenosti pracoviska.

Pri porovnaní presnosti predikcie pooperačnej refrakcie sme nenašli štatisticky signifikantné rozdiely. Výsledky mohli dosahovať určitý stav nepresnosti vzhľadom na nerovnomerné zastúpenie jednotlivých typov IOL, kde počty ZA9003, ZCB00 a 7011C boli výrazne nižšie ako počty Biolline Yellow a Softec HD. Naše výsledky sa trošku odlišujú od

Tabuľka 4. Porovnanie vzorcov na kalkuláciu dioptrickej sily IOL

Vzorec		PE [D]	AE [D]	Dioptrická sila IOL [D]
HofferQ	Počet	27	27	27
	Priemer	-0,32	0,68	25,83
	SD	0,97	0,76	2,99
SRK-II	Počet	91	91	91
	Priemer	0,08	0,49	21,44
	SD	0,66	0,45	1,34
Holladay	Počet	30	30	30
	Priemer	-0,23	0,52	18,32
	SD	0,68	0,48	2,30
SRK-T	Počet	25	25	25
	Priemer	0,11	0,68	12,08
	SD	0,88	0,56	4,35

PE – prediction error (z ang. chyba odhadu)
AE –absolute error (z ang. priemerná absolútna chyba)
SD - Štandardná odchýlka (z ang. Standard deviation)
IOL - umelá vnútroočná šošovka (z ang. intraocular lens)

Tabuľka 5. Pooperačné výsledky u jednotlivých typov IOL pre dlžky očí od 22 do 26 mm

Typy šošoviek		PE [D]	AE [D]
i-Medical® BioLine® Yellow Accurate®	Počet	87	87
	Priemer	-0,03	0,49
	SD	0,73	0,54
Lenstec® Softec HD	Počet	25	25
	Priemer	-0,11	0,60
	SD	0,86	0,61
Tecnis® ZA9003	Počet	10	10
	Priemer	-0,38	0,73
	SD	0,86	0,55
Tecnis® ZCB00	Počet	8	8
	Priemer	0,49	0,49
	SD	0,39	0,39
i-Medical® 7011 C	Počet	5	5
	Priemer	-0,24	0,46
	SD	0,55	0,33

PE – prediction error (z ang. chyba odhadu)
AE – absolute error (z ang. priemerná absolútna chyba)
SD - Štandardná odchýlka (z ang. Standard deviation)
IOL - umelá vnútroočná šošovka (z ang. intraocular lens)

proLékaře.cz | 2.11.2026

štúdie porovnávajúcu iba IOL ZA9003 a ZCB00 [8], kde ich pooperačné výsledky boli PE (ZA9003) = 0.11 ± 0.47 D, MAE (ZA9003) = 0.40 ± 0.27 D, PE (ZCB00) = 0.01 ± 0.47 D, MAE (ZCB00) = 0.39 ± 0.35 D. V tejto zahraničnej štúdii však použili menej striktné inklúzne kritéria pre dĺžku očí, ktorú zahrnuli od 22 mm po 28 mm. Napriek tomu, že sme nedokázali v našej práci štatisticky významný rozdiel v pooperačných výsledkoch medzi šošovkami, sme vyvodili pre naše potreby určitý klinický záver, ktorý potvrdili aj naše pozorovania, že IOL ZCB00 vykazuje mierny hypermetropický posun pooperačnej refrakcie.

Závislosť medzi presnosťou pooperačných výsledkov a vekom nebol štatisticky významný.

Závislosť medzi dioptrickou silou IOL a presnosťou pooperačných výsledkov nebol štatisticky signifikantný. Toto pozorovanie ukazuje, že správne zvolený vzorec u dlhších aj kratších očí vykazuje tiež veľmi presné výsledky, čo je v súlade s inými štúdiami na dlhých očiach [9-12]. Niektorí pozorovali zvyšujúcu sa nepresnosť pri krátkych a dlhých očiach [4,13,14].

ZÁVER

Našou prácou sme dokázali, že operácia katarakty s implantáciou umelej vnútroočnej šošovky je, pri zvolení vhodného vzorca na kalkuláciu IOL, veľmi predvídateľný zákrok, ktorý veľmi presne upravuje nie iba refrakciu, ale aj zlepšuje s ňou súvisiacu zrakovú ostrosť, ako bolo dokázané mnohými pozorovaniami [15,16]. Zohľadnenie svojich pooperačných výsledkov pre dané pracovisko pri výbere požadovanej umelej vnútroočnej šošovky, môže predvídateľnosť ešte zlepšiť.

LITERATURA

1. **Apple, D.J., J. Sims:** Harold Ridley and the invention of the intraocular lens. Surv Ophthalmol, 40(4); 1996: 279-92.
2. **Lundstrom, M., M. Dickman, Y. Henry, et al.:** Risk factors for refractive error after cataract surgery: Analysis of 282 811 cataract extractions reported to the European Registry of Quality Outcomes for cataract and refractive surgery. J Cataract Refract Surg, 44(4); 2018: 447-452.
3. **Popov, I., Valaskova J., Stefanickova J., et al.:** Výpočet zastúpenia refrakčných chýb slovenskej populácie za použitia gullstrandovho modelu oka. Cesk Slov Oftalmol, 73(3); 2017: 113-117.4. **Roessler, G.F., T.S. Dietlein, N. Plange, et al.:** Accuracy of intraocular lens power calculation using partial coherence interferometry in patients with high myopia. Ophthalmic Physiol Opt, 32(3); 2012: 228-33.
5. **Fotedar, R., J.J. Wang, G. Burlutsky, et al.:** Distribution of axial length and ocular biometry measured using partial coherence laser interferometry (IOL Master) in an older white population. Ophthalmology, 117(3); 2010: 417-23.
6. **Kane, J.X., A. Van Heerden, A. Atik, et al.:** Intraocular lens power formula accuracy: Comparison of 7 formulas. J Cataract Refract Surg, 42(10); 2016: 1490-1500.
7. **Ozcura, F., S. Aktas, H.M. Sagdik, et al.:** Comparison of the biometric formulas used for applanation A-scan ultrasound biometry. Int Ophthalmol, 36(5); 2016: 707-12.
8. **Mednick, Z.D., D.K. Varma, X. Campos-Moller, et al.:** Refractive predictability of a 3-piece intraocular lens platform versus its 1-piece counterpart. Can J Ophthalmol, 52(2); 2017: 146-149.
9. **Terzi, E., L. Wang, T. Kohnen:** Accuracy of modern intraocular lens power calculation formulas in refractive lens exchange for high myopia and high hyperopia. J Cataract Refract Surg, 35(7); 2009: 1181-9.
10. **Aristodemou, P., N.E. Knox Cartwright, J.M. Sparrow, et al.:** Formula choice: Hoffer Q, Holladay 1, or SRK/T and refractive outcomes in 8108 eyes after cataract surgery with biometry by partial coherence interferometry. J Cataract Refract Surg, 37(1); 2011: 63-71.
11. **Bang, S., E. Edell, Q. Yu, et al.:** Accuracy of intraocular lens calculations using the IOLMaster in eyes with long axial length and a comparison of various formulas. Ophthalmology, 118(3); 2011: 503-6.
12. **Wang, J.K., C.Y. Hu, S.W. Chang:** Intraocular lens power calculation using the IOLMaster and various formulas in eyes with long axial length. J Cataract Refract Surg, 34(2); 2008: 262-7.
13. **Zheng, Q., Z. Zhao, H. Lian, et al.:** [The analysis of refractive error of long axial high myopic eyes after IOL implantation]. Zhonghua Yan Ke Za Zhi, 51(4); 2015: 276-81.
14. **Long, T., Y.-S. Huang, L.-X. Xie:** Refractive accuracy after intraocular lens implantation in pediatric cataract.Int J Ophthalmol , 5(4); 2012: 473-477.
15. **Velika, V., Hejsek L., Raiskup F.:** Klinické výsledky implantace dvou typů multifokální rotačně asymetrické nitrooční čočky. Cesk Slov Oftalmol, 73(1); 2017: 3-12.
16. **Halas, M., Pesko K., Olah Z., et al.:** Vplyv sferickych a asferickych umelych vnutroocnych sosoviek na kvalitu centralnej ostrosti zraku a kontrastnej citlivosti. Cesk Slov Oftalmol, 66(5); 2010: 209-12.