

# Metoda klinické anamnézy versus tomografie rohovky při odhadování optické mohutnosti rohovky po fotorefrakční operaci

Tello Alejandro<sup>1-4</sup>, Galvis Virgilio<sup>1-3</sup>, Arba-Mosquera Samuel<sup>5</sup>, Morales Ruby<sup>6</sup>, Otoy Valeria<sup>1-3</sup>, Villamizar Sylvia J.<sup>1-3</sup>, Serrano Sergio E.<sup>1,3</sup>



Alejandro Tello, MD, PhD

<sup>1</sup>Centro Oftalmológico Virgilio Galvis, Floridablanca, Colombia

<sup>2</sup>Departament of Ophthalmology, Fundacion Oftalmologica de Santander FOSCAL, Floridablanca, Colombia

<sup>3</sup>Faculty of Health, Department of Ophthalmology, Universidad Autónoma de Bucaramanga UNAB, Bucaramanga, Colombia

<sup>4</sup>Faculty of Health, Department of Surgery, Universidad Industrial de Santander UIS, Bucaramanga, Colombia

<sup>5</sup>Research and Development, SCHWIND eye-tech-solutions GmbH, Kleinostheim, Germany

<sup>6</sup>ROCOL, Barranquilla, Colombia

Do redakce doručeno dne: 22. 1. 2024

Přijato k publikaci dne: 23. 4. 2024

Publikováno on-line: 19. 6. 2024

*Autoři potvrzují, že nemají žádný finanční ani nefinanční zájem na předmětu této studie ani na materiálech v ní použitých. Tato studie nebyla předložena jinému časopisu a není jinde otištěna. Autoři prohlašují, že dodržovali zásady Helsinské deklarace o etických zásadách lékařského výzkumu.*

*Příklad tohoto článku neprošel autorskou korekturou. Originální text v angličtině je dostupný v on-line verzi tohoto čísla časopisu.*

Korespondenční adresa:

Calle 157 # 20 – 94, Torre C,  
Consultorio 301

Cañaveral, Floridablanca, Santander  
Colombia

E-mail: alejandrotello@gmail.com

## SOUHRN

**Cíle:** Cílem studie bylo prošetřit shodu ve stanovení optické mohutnosti rohovky různými metodami pomocí dvou tomografů (MS-39® a Galilei G6®) a metodou klinické anamnézy (CHM) u pacientů podstupujících fotorefrakční operaci excimerovým laserem pro myopické vady.

**Materiály a metody:** Prospektivní kohortová studie. Zahrnutí pacienti, kteří podstoupili refrakční operaci rohovky a podstoupili před – a pooperační keratometrii a tomografii.

**Výsledky:** Na 90 očích byly zjišťovány rozdíly v optické mohutnosti rohovky stanovené odhadem na základě CHM a určené čtyřmi metodami tomografie rohovky včetně měření zadní plochy rohovky; nebyly prokázány statisticky významné rozdíly v průměrných hodnotách stanovených těmito metodami. 95% hranice shody však byla výrazně široká. Po získání regresních vzorců pro úpravu hodnot čtyř uvedených proměnných byly výsledky analýzy shody podobné.

**Závěr:** Přestože hodnoty buď přímo určené nebo odvozené z měření tomografie rohovky pomocí přístrojů Galilei® a MS-39® aproximovaly odhadovanou hodnotu pooperační optické mohutnosti rohovky stanovenou na základě CHM, je k těmto výpočtům třeba přistupovat opatrně, protože s ohledem na velkou amplitudu mezi shody nemusí být u konkrétního oka přesné.

**Klíčová slova:** optická mohutnost rohovky; tomografie rohovky; metoda klinické anamnézy; refrakční operace

## SUMMARY

### Clinical History Method versus Corneal Tomographers in Estimating Corneal Power after Photorefractive Surgery

**Aims:** To investigate the concordance between the corneal power determined by various approaches with two tomographers (MS-39® and Galilei G6®) and the clinical history method (CHM) in patients undergoing photorefractive surgery with excimer laser for myopic errors.

**Material and Methods:** Prospective cohort study. Patients undergoing keratorefractive surgery, and having pre- and postoperative keratometries, and tomographies, were included.

**Results:** In 90 eyes, the differences in the power estimated by the CHM and the one determined by four approaches with the corneal tomographers, which included measurements of the posterior cornea, did not show statistically significant differences in their averages. However, the 95% limits of agreement were very wide. After obtaining regression formulas to adjust the values of these four variables, the results of the agreement analysis were similar.

**Conclusion:** Although certain values either directly determined or derived from measurements with the Galilei® and MS-39® corneal tomographers, approximated the estimated value of postoperative corneal power according to the CHM, due to the amplitude of their limits of agreement, these calculations must be taken with care, because they may not be accurate in a given eye.

**Key words:** corneal power; corneal tomography; clinical history method; refractive surgery

Čes. a slov. Oftal., 81, 2025, No. 2, p. 69–80

## ÚVOD

Refrakční operace excimerovým laserem se provádějí za účelem korekce refrakčních vad úpravou zakřivení rohovky. Nevýhodou tohoto postupu je, že po létech od zákroku, kdy pacienti potřebují operaci katarakty, může docházet k nepřesnostem ve výpočtu optické mohutnosti nitrooční čočky částečně způsobených tím, že je po fotorefrakční operaci nesnadné určit skutečnou hodnotu optické mohutnosti rohovky. Tato skutečnost vyplývá ze strukturálních změn vytvořených na přední ploše rohovky, díky nimž je nevhodné uplatnění keratometrického indexu [1–3]. K vyřešení tohoto problému byla navržena řada metod, mezi nimiž první byla metoda klinické anamnézy (CHM) zavedená Holladayem v roce 1989 [4]. CHM se může pochlubit robustním teoretickým základem, díky němuž je stále považována za zlatý standard při stanovování skutečné optické mohutnosti rohovky po refrakční operaci (Holladay JT. Personal communication. July 4/2023) [4,5]. Tato metoda má však zásadní nevýhodu. Je totiž silně závislá na dostupnosti a přesnosti předoperačních dat získaných před refrakční operací rohovky. Kromě toho vyžaduje zjištění pooperační refrakce ještě před rozvojem katarakty, ale nepříliš dlouho před jejím diagnostikováním. Toto opatření je nutné k zamezení případných změn na rohovce, jako je remodelace epitelu vedoucí k regresi nebo naopak progresi refrakční vady potenciálně způsobeným prodloužením axiální délky. V reálných situacích je získávání všech těchto informací náročné, protože mezi fotorefrakční operací a operací šedého zákalu u těchto pacientů uplyne často několik desetiletí. Tento nedostatek informací pak významně omezuje klinické využití metody CHM [4,5].

Proto byly zkoumány nové alternativy určení skutečné optické mohutnosti rohovky po refrakční chirurgii, které by nevyžadovaly předoperační data, z nichž některé jsou založené na přímých měřeních získaných z tomografie rohovky. Tomografy jsou vybaveny optickým svazkem ve tvaru štěrbinu (ve viditelném nebo infračerveném spektru), případně v kombinaci s Placidovým diskem, a umožňují tak měření poloměru křivosti přední i zadní plochy rohovky [2,6–10].

Cílem této studie bylo prošetřit u pacientů podstupujících fotorefrakční operaci excimerovým laserem míru shody v stanovení optické mohutnosti rohovky pomocí různých technik využívajících tomografii rohovky přístroji MS-39® (CSO, Florencie, Itálie) a Galilei G6® (Ziemer, Port, Švýcarsko), a naproti tomu pomocí tradiční metody CHM [4]. Analyzovány byly rovněž hodnoty získané z těchto přímých měření a s použitím vzorců pro lineární regresi. Dále byla analyzována jedna z variant CHM, tzv. modifikovaná CHM (mCHM) používaná programem laseru Amaris Schwind® (Schwind, Kleinostheim, Německo).

## MATERIÁLY A METODY

U 178 očí (90 pacientů) byla potvrzena korelace výsledných proměnných u obou očí, takže pro analýzu bylo

náhodně vybráno pouze jedno oko každého pacienta. Konečným vzorkem v této prospektivní studii tak bylo 90 očí 90 pacientů. Průměrný věk pacientů byl  $31,0 \pm 12,2$  let. 28 pacientů (31,1 %) byli muži. 39 očí (43,3 %) bylo pravých.

Všichni sledovaní podstoupili fotorefrakční operaci excimerovým laserem ke korekci krátkozrakosti nebo myopického astigmatismu (LASIK, PRK, TransPRK), a to od listopadu 2020 do února 2022. Zařazení pacienti byli starší 18 let a dle nálezu z tomografie rohovky pomocí přístrojů MS-39 a Galilei G6® bez známek ektázie rohovky [11,12]. Vyloučení byli pacienti, u nichž během operace došlo ke komplikaci, u kterých byla identifikována jakákoli komorbidita sítnice nebo kteří se z jakéhokoli důvodu nedostavili k pooperační kontrole. Studie byla schválena etickou komisí instituce a dodržovala zásady Helsinské deklarace.

### Chirurgická technika

53 pacientů podstoupilo operaci LASIK, 19 pacientů PRK a 18 pacientů TransPRK. Všechny výkony prováděli 4 chirurgové specializovaní na refrakční chirurgii pomocí excimerového laseru Amaris Schwind® s opakovací frekvencí 1050 Hz. Ve všech případech byla použita optimalizovaná varianta ablace (Aberration Free®). Průměr optické zóny byl v případě techniky LASIK v rozmezí 6,2 až 7,0 mm, v případě PRK 6,5–7,0 mm a v případě jednokrokové transepiteliální fotorefrakční keratektomie (TransPRK) 6,9–7,2 mm [13]. K výkonu byla aplikována lokální anestezie, po které byl při použití techniky PRK ručně špachtlí odstraněn rohovkový epitel a byla provedena fotoablace na Bowmanově membráně a předním stromatu rohovky. V případě TransPRK techniky byly epitel, Bowmanova membrána a stroma odstraněny v jediném kroku pomocí excimerového laseru. U pacientů, kteří podstoupili operaci technikou LASIK, byla mikrokeratomem (Hansatome®, Bausch & Lomb Surgical Inc., Bridgewater, NJ, USA) vytvořena lamela o tloušťce přibližně 110 µm, která byla poté zvednuta za účelem fotoablace přímo na stromatu rohovky.

### Předoperační a pooperační vyšetření

Předoperačně a pooperačně (nejméně 1 měsíc až 12 měsíců po operaci technikou LASIK a nejméně 3 měsíce až 12 měsíců po operaci technikou PRK či TransPRK) byla zjišťována nekorigovaná zraková ostrost na dálku, korigovaná zraková ostrost na dálku, biomikroskopie štěrbinovou lampou, subjektivní refrakce, manuální keratometrie (OM-4®, Topcon, Tokio, Japonsko) a tomografie rohovky přístroji Galilei G6® a MS-39®.

### Stanovení pooperační optické mohutnosti rohovky

Optická mohutnost rohovky byla stanovena metodou CHM (považovanou za zlatý standard) a výsledek tohoto stanovení byl porovnán s optickou mohutností rohovky zjištěnou různými technikami, z nichž jednou bylo vždy klinické rutinní vyšetření (manuální keratometrie), kombinované s některým z alternativních vyšetření pomocí tomografů Galilei-G6® a MS-39®. Analyzovány byly rovněž

hodnoty získané z těchto přímých měření pomocí zmíněných přístrojů a s použitím vzorců pro lineární regresi. Podobná srovnání byla provedena i pro metodu mCHM, která je součástí programu Schwind CAM excimerového laseru Amaris®.

Každá z použitých metod je krátce popsána níže.

#### ● Metoda klinické anamnézy (CHM)

Tato metoda aplikovaná na oči operované pro myopické vady spočívá v tom, že se od hodnoty keratometrické mohutnosti před operací odečte navozená změna refrakce (tj. pooperační mínus předoperační sférický ekvivalent, oba přepočítané na vrchol rohovky), a tak se určí skutečné zploštění vytvořené na rohovce chirurgickým zákrokem. [4] Tato metoda je shrnuta do následujícího vzorce:

$$K_c = K_{pre} - RC,$$

kde  $K_c$  = pooperační korigovaná keratometrie pomocí CHM,  $K_{pre}$  = předoperační keratometrie,  $RC$  = změna sférického ekvivalentu refrakční vady, přepočtená na vrchol rohovky.

Pro korekci refrakce na vzdálenost vrcholu rohovky byl použit následující vzorec:

$$R_c = R_g / [1 - (g \times R_g)],$$

kde  $R_c$  = refrakce korigovaná na rovinu vrcholu rohovky,  $R_g$  = refrakce měřená v rovině brýlí,  $g$  = vzdálenost k vrcholu rohovky, odpovídající vzdálenosti mezi rohovkou a zadní plochou korekční čočky (obecně 12 mm = 0,012 m).

#### ● Metoda klinické anamnézy modifikovaná programem Schwind CAM (mCHM)

Tato modifikace původní metody vychází z principů navržených mj. Holladayem a Mandellem, ovšem přihlíží ke skutečnosti, že modifikace na základě fotorefrakční operace probíhá téměř výhradně na přední ploše rohovky, nikoli na jejím zadním povrchu [14–16]. Úpravy zahrnuté do metody Schwind mCHM zohledňují nejen refrakční změnu přední plochy rohovky, ale i množství odstraněné tkáně. Tento základní výpočet byl později upřesněn zohledněním čočkové rovnice [17–19].

#### ● Tomograf Galilei®

Parametry získané tomografem Galilei® ke stanovení optické mohutnosti rohovky byly následující [12]:

- Průměrná simulovaná keratometrie (SimK): Průměr keratometrického zakřivení rohovky v centrální oblasti o průměru kolem 3 mm za použití keratometrického indexu (1,3375). Uvažovaná zóna má proměnnou velikost v závislosti na zakřivení měřené rohovky (u plošších rohovek je o něco větší).
- Celková optická mohutnost rohovky (Total Corneal Power - TCP): Celková optická mohutnost rohovky zohledňující přední i zadní plochu rohovky, vypočteno na základě metody sledování paprsků (ray tracing).
- Průměrná TCP: Průměrná celková optická mohutnost rohovky na prstenci s centrálním a periferním poloměrem 0,5 mm, respektive 2,0 mm.

- Centrální TCP: Průměrná celková optická mohutnost rohovky v centrální oblasti o poloměru 2,0 mm.
- Mid TCP (TCP): Průměrná celková optická mohutnost rohovky na prstenci s centrálním a periferním poloměrem 2,0 mm, respektive 3,5 mm.

Kromě toho byl analyzován parametr označovaný jako pooperační Galilei průměr vypočítaný jako průměr hodnot SimK a Mid TCP.

Nakonec byly odvozeny lineární regresní vzorce za účelem predikce hodnoty stanovené metodou CHM z těchto měření, která zahrnovala data z přední i zadní plochy rohovky a která původně v průměru nevykazovala statisticky významný rozdíl oproti hodnotě odhadované na základě CHM, a dále pak regresní vzorec pro predikci hodnoty stanovené metodou CHM z pooperačního Galilei průměru. [4]

#### ● Tomograf MS-39®

Parametry získané tomografem MS-39® ke stanovení optické mohutnosti rohovky byly následující [11]:

- Průměrná SimK: SimK představuje simulaci hodnot, které by byly získány z vyšetření keratometrem (tj. střední sagitální zakřivení od 4. do 8. Placidova kotouče) pomocí keratometrického indexu. Uvažovaná zóna má proměnnou velikost v závislosti na zakřivení měřené rohovky (u plošších rohovek je o něco větší).
- Meridián 3 mm (3 mm K): Průměrné zakřivení pro hlavní meridiány v zóně 3 mm na přední ploše rohovky.
- Střední pupilární optická mohutnost 3 mm (Mean Pupil Power - MPP 3 mm): Ekvivalentní optická mohutnost rohovky vypočítaná z vlnoplochy rohovky vztažené ke vstupní pupile umístěné v poloze pacientovy zornice pro oblast o průměru 3 mm. Zohledněna jsou měření z přední i zadní plochy rohovky a dále je proveden tzv. ray tracing (sledování paprsků).
- MPP 5,5 mm: MPP stanovená pro průměr 5,5 mm.

Kromě toho byl analyzován parametr označovaný jako Pooperační MS-39 průměr vypočítaný jako průměr hodnot SimK a MPP 3 mm.

Nakonec byly odvozeny lineární regresní vzorce za účelem predikce hodnoty stanovené metodou CHM z těchto měření, která zahrnovala data z přední i zadní plochy rohovky a která původně v průměru nevykazovala statisticky významný rozdíl oproti hodnotě odhadované na základě CHM, a dále pak regresní vzorec pro predikci hodnoty stanovené metodou CHM z pooperačního MS-39 průměru. [4]

#### Statistická analýza

Korelace mezi dvěma očima každého pacienta byla hodnocena na základě Pearsonova korelačního koeficientu. Získané hodnoty byly vyšší než 0,70, a proto bylo rozhodnuto, že pro účely této studie bude vždy náhodně zvoleno jedno oko každého zařazeného pacienta.

Data byla analyzována pomocí softwaru R verze 4.1.1. U kvalitativních proměnných s relativními a absolutními četnostmi byla provedena deskriptivní analýza a pro

kvantitativní proměnné byly použity ukazatele centrální tendence a rozptylu. Pro kvantitativní proměnné byl proveden Shapirův-Wilkův test normality.

Pro porovnání středních hodnot optické mohutnosti rohovky získané různými metodami byla použita metoda ANOVA pro opakovaná měření. Pro post hoc analýzu byl použit Bonferroniho test (test pro vícenásobné porovnání).

Shoda mezi použitými metodami a vzorci byla hodnocena pomocí Bland-Altmanovy grafické analýzy a na základě absolutního koeficientu vnitrotřídní korelace (ICC). Má se za to, že ICC > 0,90 značí vynikající relativní spolehlivost; ICC v rozmezí 0,75–0,90 značí dobrou spolehlivost; ICC v rozmezí 0,50–0,75 značí střední spolehlivost; ICC < 0,50 značí nízkou spolehlivost [20,21].

**Tabulka 1.** Srovnání metody klinické anamnézy s ostatními metodami

	Průměr ±SD (D)	průměrný rozdíl ±SD (D) (versus CHM)	P-hodnota *	95% LoA (dolní; horní) versus CHM (D)	ICC (versus CHM) **
<b>CHM</b>	40,3 ±2,3				
<b>mCHM (Schwind CAM)</b>	40,8 ±2,1	-0,46 ±0,36	<b>&lt; 0,001</b>	-1,17; 0,25	0,96
<b>Pop. průměrná Keratometrie</b>	40,6 ±2,1	-0,29 ±0,62	<b>0,001</b>	-1,51; 0,93	0,95
<b>Pop. průměrná SimK (Galilei)</b>	40,5 ±2,2	-0,16 ±0,61	> 0,999	-1,36; 1,04	0,96
<b>Pop. průměrná TCP (Galilei)</b>	38,9 ±2,3	1,44 ±0,69	<b>&lt; 0,001</b>	0,07; 2,80	0,80
<b>Pop. centrální TCP (Galilei)</b>	38,8 ±2,4	1,48 ±0,68	<b>&lt; 0,001</b>	0,14; 2,81	0,79
<b>Pop. Mid TCP (Galilei)</b>	40,1 ±2,1	0,18 ±0,88	> 0,999	-1,53; 1,91	0,91
<b>Pop. průměrná SimK (MS39)</b>	40,8 ±2,0	-0,46 ±0,65	<b>&lt; 0,001</b>	-1,74; 0,82	0,99
<b>Pop. 3 mm K průměrná (MS39)</b>	40,7 ±2,2	-0,36 ±0,58	<b>&lt; 0,001</b>	-1,51; 0,77	0,95
<b>Pop. MPP 3,0 mm (MS39)</b>	39,6 ±2,4	0,74 ±0,58	<b>&lt; 0,001</b>	-0,40; 1,88	0,92
<b>Pop. MPP 5,5 mm (MS39)</b>	40,4 ±2,2	-0,06 ±0,68	> 0,999	-1,39; 1,26	0,95
<b>Pop. Galilei průměr</b>	40,3 ±2,1	0,01 ±0,71	> 0,999	-1,38; 1,41	0,94
<b>Pop. MS39 průměr</b>	40,2 ±2,2	0,13 ±0,57	> 0,999	-0,98; 1,26	0,96

D – Dioptrie; \* P-hodnoty vypočtené pomocí metody ANOVA pro rozdíl oproti CHM. Statisticky významné hodnoty jsou vyznačeny tučně; \*\* Předpokládá se, že ICC > 0,90 znamená vynikající relativní spolehlivost; ICC mezi 0,75 a 0,90 znamená dobrou spolehlivost; ICC mezi 0,50 a 0,75 znamená střední spolehlivost; a ICC < 0,50, znamená nízkou spolehlivost [18,19]; LoA – limit shody, ICC – vnitrotřídní korelační koeficient, Pop. – pooperační, CHM – metoda klinické anamnézy, mCHM – metoda modifikované klinické anamnézy. SimK – průměrná simulovaná keratometrie, TCP – celková optická mohutnost rohovky, MPP – střední optická mohutnost v oblasti zornice, K – keratometrie

**Tabulka 2.** Srovnání modifikované metody klinické anamnézy (Schwind CAM) s ostatními metodami

	Průměr ±SD (D)	průměrný rozdíl ±SD (versus modifikovaná mCHM) (D)	P-hodnota *	95% LoA (dolní; horní) versus mCHM (D)	ICC (versus mCHM) **
<b>mCHM (Schwind CAM)</b>	40,8 ±2,1				
<b>CHM</b>	40,3 ±2,3	0,46 ±0,36	<b>&lt; 0,001</b>	-0,25; 1,17	0,96
<b>Pop. průměrná Keratometrie</b>	40,6 ±2,1	0,16 ±0,59	> 0,999	-0,99; 1,32	0,94
<b>Pop. průměrná SimK (Galilei)</b>	40,5 ±2,2	0,29 ±0,61	<b>&lt; 0,001</b>	-0,90; 1,50	0,95
<b>Pop. průměrná TCP (Galilei)</b>	38,9 ±2,3	1,90 ±0,70	<b>&lt; 0,001</b>	0,40; 3,39	0,69
<b>Pop. centrální TCP (Galilei)</b>	38,8 ±2,4	1,94 ±0,74	<b>&lt; 0,001</b>	0,47; 3,40	0,68
<b>Pop. Mid TCP (Galilei)</b>	40,1 ±2,1	0,64 ±0,85	<b>&lt; 0,001</b>	-1,01; 2,31	0,87
<b>Pop. průměrná SimK (MS39)</b>	40,8 ±2,0	-0,001 ±0,61	> 0,999	-1,19; 1,19	0,95
<b>Pop. 3 mm K průměrná (MS39)</b>	40,7 ±2,2	0,09 ±0,59	> 0,999	-1,08; 1,26	0,86
<b>Pop. MPP 3,0 mm (MS39)</b>	39,6 ±2,4	1,20 ±0,65	<b>&lt; 0,001</b>	-0,09; 2,49	0,83
<b>Pop. MPP 5,5 mm (MS39)</b>	40,4 ±2,2	0,39 ±0,70	<b>&lt; 0,001</b>	-0,98; 1,77	0,93
<b>Pop. Galilei průměr</b>	40,3 ±2,1	0,47 ±0,69	<b>&lt; 0,001</b>	-0,88; 1,83	0,92
<b>Pop. MS39 průměr</b>	40,2 ±2,2	0,59 ±0,58	<b>&lt; 0,001</b>	-0,55; 1,75	0,92

D – Dioptrie; \* P-hodnoty vypočtené pomocí metody ANOVA pro rozdíl oproti mCHM. Statisticky významné hodnoty jsou vyznačeny tučně; \*\* Předpokládá se, že ICC > 0,90 znamená vynikající relativní spolehlivost; ICC mezi 0,75 a 0,90 znamená dobrou spolehlivost; ICC mezi 0,50 a 0,75 znamená střední spolehlivost; a ICC < 0,50, znamená nízkou spolehlivost [18,19]; LoA – limit shody, ICC – vnitrotřídní korelační koeficient, Pop. – pooperační, CHM – metoda klinické anamnézy, mCHM – metoda modifikované klinické anamnézy. SimK – průměrná simulovaná keratometrie, TCP – celková optická mohutnost rohovky, MPP – střední optická mohutnost v oblasti zornice, K – keratometrie



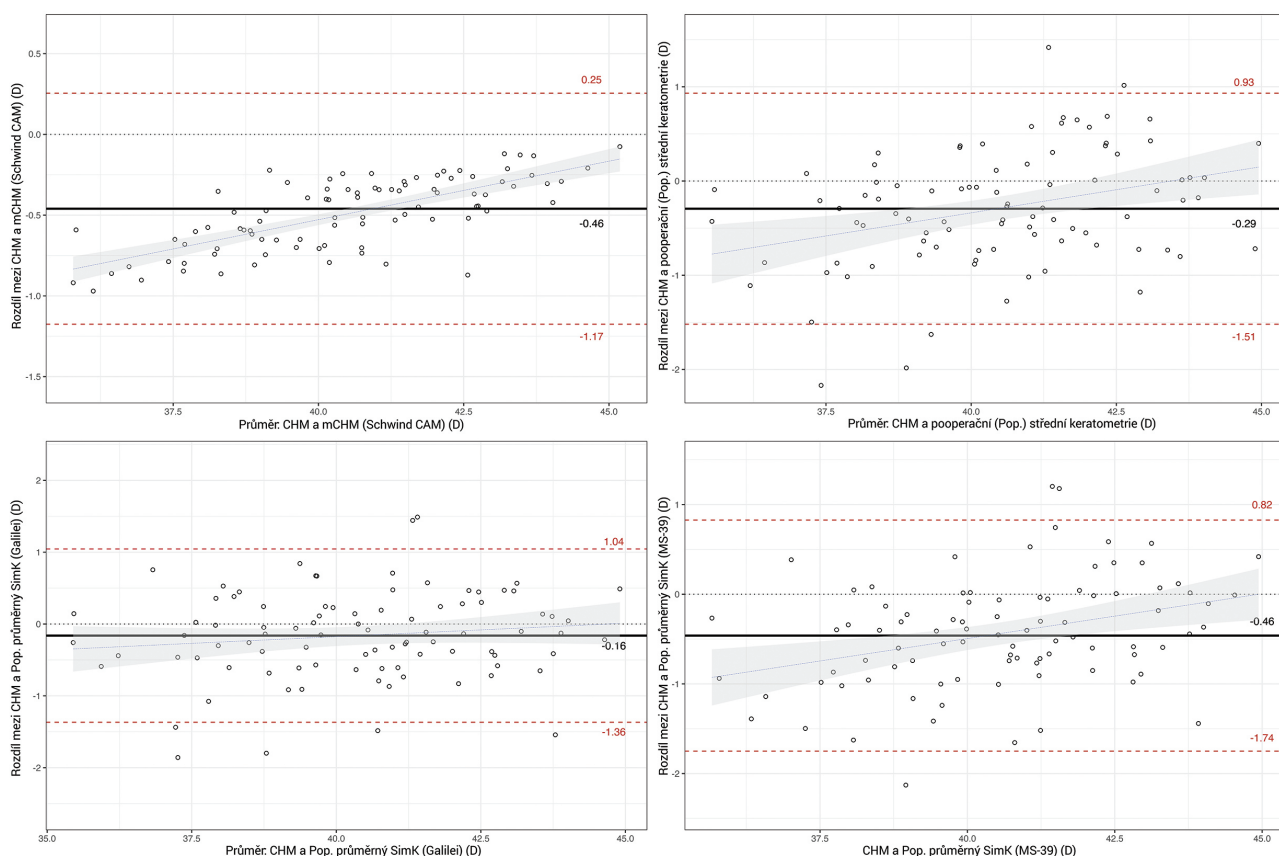
Po odhadu pooperační optické mohutnosti rohovky pomocí CHM byl kvantifikován rozdíl od skutečně naměřené hodnoty získané z pooperační keratometrie a byla zakreslena korelace oproti předoperačnímu sférickému ekvivalentu. Dále byla použita metoda lineární regrese k predikci pooperační keratometrie odhadnuté na základě CHM z pooperačních rohovkových dat získaných z tomografů. Pro tento účel byl celý soubor dat náhodně promíchán (s využitím vhodného software) a rozdělen do 2 podskupin: trénovací podskupina zahrnující 80 % ze všech dat (data ze 72 očí) a validační podskupina obsahující 20 % ze všech dat (data z 18 očí). Pro výpočet regresního modelu používajícího hodnoty MPP MS-39 5,5 mm bylo využito 69 očí. Trénovací podskupina byla použita k odvození vzorců výše zmíněné lineární regrese, které byly následně testovány na validační datovém souboru (18 očí). V rámci validace byl proveden Studentův párový t-test pro vyhodnocení průměrného rozdílu mezi očekávanou hodnotou CHM a její predikcí získanou z lineární regrese, a dále pak analýza shody Bland-Altmanovým grafem. Pro účely studie jsme na doporučení

dvou zúčastněných výzkumníků, odborníků na refrakční chirurgii (AT a VG), předem stanovili, že hranice maximálních klinicky přijatelných rozdílů mezi konkrétní použitou metodou a CHM budou stanoveny na  $\pm 0,50$  D (tj. 95% hranice shody na Bland Altmanově grafu s amplitudou maximálně 1,00 D). Statistické hypotézy byly testovány na hladině významnosti alfa rovnající se 0,05.

Vzhledem k tomu, že jednou z nejpoužívanějších metod (minimálně v naší zemi – v Kolumbii) ke stanovení optické mohutnosti rohovky v klinickém prostředí je stále manuální keratometrie, byla samostatně analyzována korelace mezi rozdílem pooperační hodnoty střední manuální keratometrie a hodnoty stanovené na základě CHM oproti velikosti předoperačního sférického ekvivalentu.

## VÝSLEDKY

Rozdíly mezi pooperační optickou mohutností rohovky stanovenou pomocí CHM a všemi ostatními metodami neprokázaly statisticky významný rozdíl mezi



**Graf 1.** Bland-Altmanovy grafy porovnávající odhadovanou pooperační optickou mohutnost rohovky pomocí CHM versus mCHM (vlevo nahoře), CHM versus pooperační (Pop.) střední keratometrie (vpravo nahoře), CHM versus Pop. Průměrný SimK (Galilei) (vlevo dole) a CHM versus Pop. Průměrný SimK (MS-39) (vpravo dole). Tučné černé vodorovné čáry označují průměrnou odchylku, tj. průměr rozdílů mezi těmito dvěma metodami. Průměrné rozdíly ve všech srovnáních byly negativní, tj. hodnoty odhadované metodou CHM byly v průměru nižší než u všech ostatních tří přístupů, ale u SimK Galilei rozdíl nedosáhl statistické významnosti. Červené přerušované čáry označují 95% hranice shody rozdílů (všechny s rozsahem širším než 1,00 D). Modré přerušované čáry označují trend rozdílů mezi porovnávanými metodami a šedé oblasti označují intervaly spolehlivosti trendů

CHM – metoda klinické anamnézy, mCHM – metoda modifikované klinické anamnézy (Schwind), SimK – simulovaná keratometrie, D – Dioptrie, Pop. – pooperační

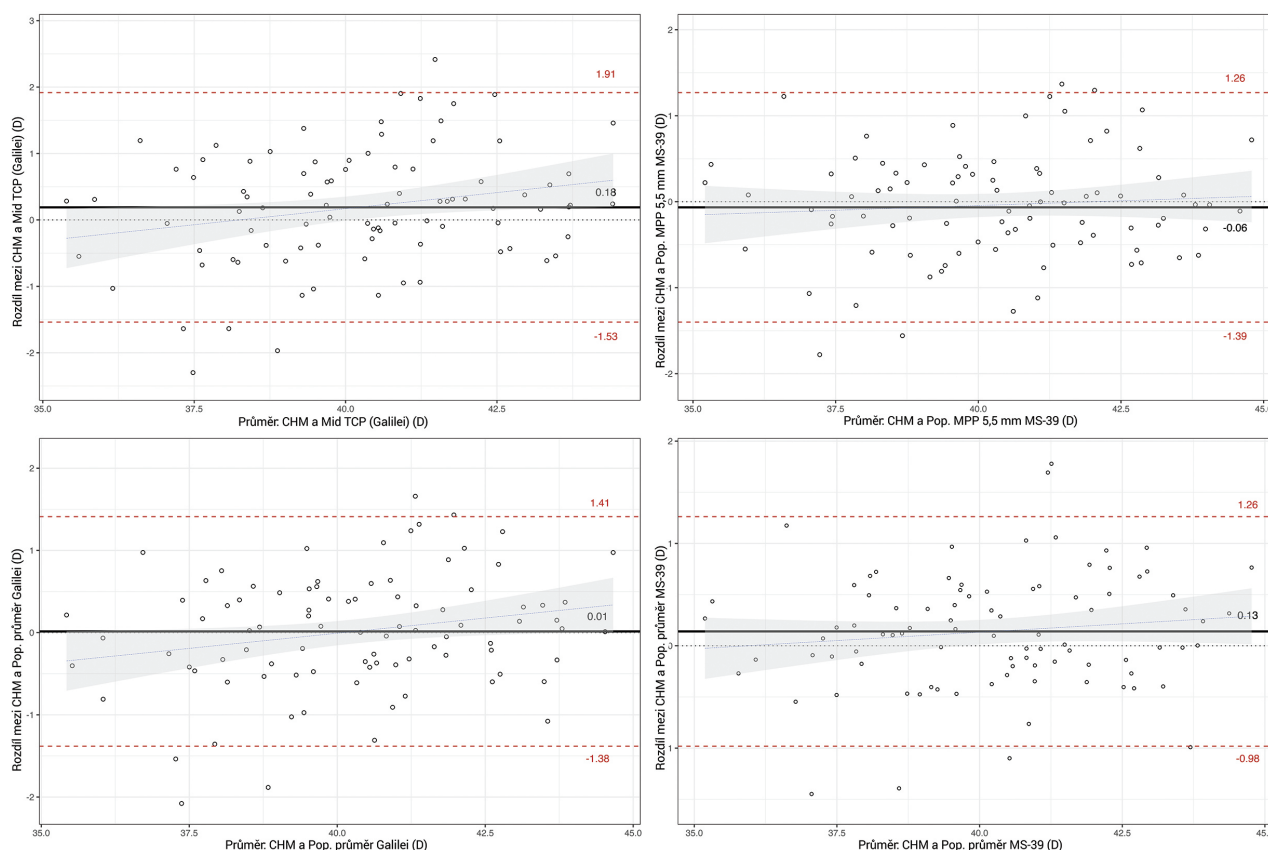
třemi uplatněnými operačními technikami (LASIK, PRK a TransPRK). Proto byla analýza provedena na vzorku vytvořeném zkombinováním všech očí podstupujících keratorefrakční operaci excimerovým laserem.

Tabulka 1 představuje výsledky srovnání mezi optickou mohutností rohovky stanovenou pomocí CHM oproti jejím hodnotám stanoveným ostatními metodami. Optická mohutnost rohovky vypočtená na základě CHM byla v průměru signifikantně menší (tj. rohovka byla plošší) než průměrná optická mohutnost stanovená manuální keratometrií a SimK pomocí přístroje MS-39, ale signifikantně strmější než některé hodnoty získané z tomografů metodou ray-tracing (průměrná TCP a centrální TCP přístrojem Galilei a pooperační MPP 3,0 mm přístrojem MS-39). Pouze 5 metod nevykázalo žádný statisticky významný rozdíl oproti CHM, a to: pooperační průměrná hodnota SimK (Galilei); pooperační Mid TCP (Galilei); pooperační MPP 5,5 mm (MS-39); pooperační Galilei průměr; pooperační průměr MS-39.

Graf 1 znázorňuje Bland-Altmanovy grafy srovnání CHM a mCHM a dále pak srovnání CHM a v Kolumbii nej-

častěji používaného měření pro stanovení centrální optické mohutnosti rohovky, tedy střední manuální keratometrie, a SimK pomocí tomografů Galilei i MS-39. V Grafu 2 je znázorněno srovnání dalších 4 z celkem 8 uvažovaných alternativních metod stanovení pooperační optické mohutnosti s výsledky CHM rohovky. Přitom byly zahrnuty jen metody, u nichž nebyl rozdíl oproti CHM statisticky významný.

Tabulka 2 představuje výsledky srovnání mezi optickou mohutností rohovky stanovenou pomocí mCHM oproti jejím hodnotám stanoveným ostatními metodami. Optická mohutnost rohovky vypočtená pomocí mCHM byla v průměru vyšší než optická mohutnost vypočtená pomocí CHM i než optická mohutnost naměřená pomocí manuálního keratometru, ačkoli v druhém případě nebyl rozdíl statisticky významný. Pooperační optická mohutnost rohovky vypočtená na základě mCHM byla rovněž statisticky významně strmější oproti hodnotám naměřeným dvěma tomografy, s výjimkou hodnot SimK a 3 mm K podle přístroje MS-39. Rozdíly mezi mCHM a ostatními metodami tedy vykazovaly statistickou významnost

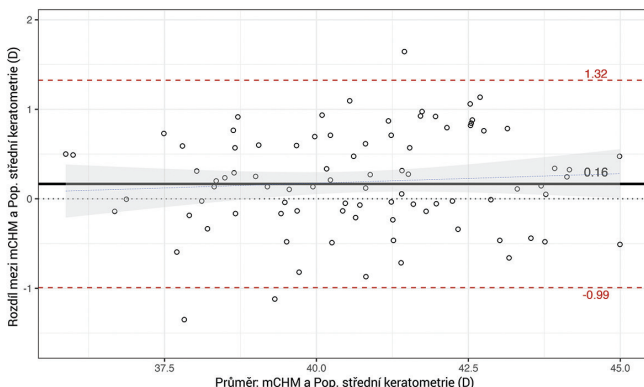


**Graf 2.** Bland-Altmanovy grafy srovnávající odhadovanou pooperační optickou mohutnost rohovky pomocí CHM versus pooperační (pop.) Mid TCP Galilei (vlevo nahoře) versus pop. MPP 5,5 mm MS-39 (vpravo nahoře), versus Pop. Galilei průměr (vlevo dole) a versus Pop. Průměr MS-39 (vpravo dole).

Tučné černé vodorovné čáry označují průměrnou odchylku, tj. průměr rozdílů mezi těmito dvěma metodami. Průměrné rozdíly ve všech srovnáních byly menší než 0,18 D a nedosáhly statistické významnosti. Červené přerušované čáry označují 95% hranice shody rozdílů (všechny s rozsahem širším než 1,00 D). Modré přerušované čáry označují trend rozdílů mezi porovnávanými metodami a šedé oblasti označují intervaly spolehlivosti trendů

CHM – metoda klinické anamnézy, TCP – celková optická mohutnost rohovky, MPP – střední optická mohutnost v oblasti zornice, D – Dioptrie, Pop. – pooperační

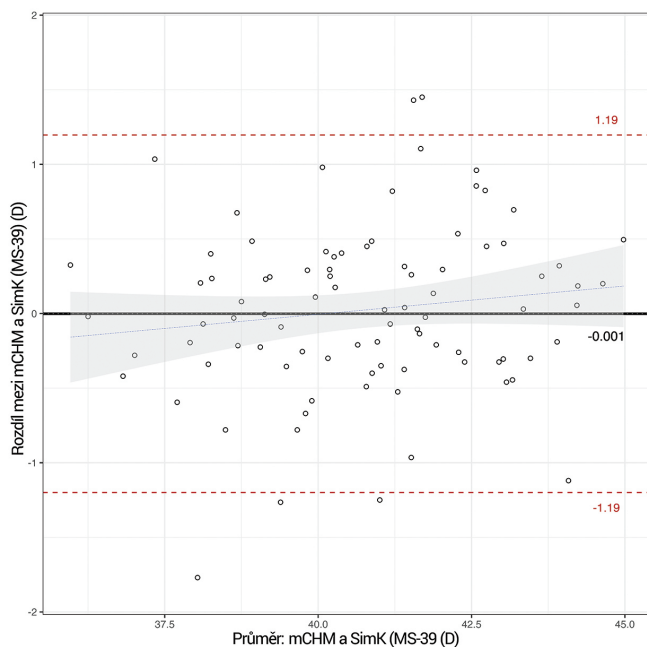
s výjimkou tří z těchto metod: pooperační střední manuální keratometrii; průměrnou SimK (MS-39); a pooperačním průměrem 3 mm K (MS-39). Grafy 3 a 4 znázorňují



**Graf 3.** Bland-Altmanův graf srovnávající odhadovanou pooperační optickou mohutnost rohovky pomocí mCHM versus pooperační střední keratometrie. Průměrný rozdíl byl pozitivní, tj. hodnoty odhadnuté metodou mCHM byly v průměru vyšší než pooperační průměrná keratometrie.

Tučná černá vodorovná čára označuje průměrné vychýlení, tj. průměr rozdílů mezi oběma metodami. Průměrné rozdíly v tomto srovnání byly malé (0,16 D) a nedosáhly statistické významnosti. Červené přerušované čáry označují 95% hranice shody rozdílů (s rozsahem širším než 1,00 D). Modrá přerušovaná čára označuje trend rozdílů mezi porovnávanými metodami a šedá oblast označuje intervaly spolehlivosti trendu

mCHM – modifikovaná metoda klinické anamnézy (Schwind). D – Dioptrie, Pop. – pooperační



**Graf 4.** Bland-Altmanovy grafy srovnávající odhadovanou pooperační optickou mohutnost rohovky pomocí mCHM versus pooperační (pop.) SimK MS-39 (vlevo) a versus pop. 3 mm MS-39 (vpravo).

Tučné černé vodorovné čáry označují průměrnou odchylku, tj. průměr rozdílů mezi těmito dvěma metodami. Průměrné rozdíly v těchto srovnáních byly malé (-0,001 a 0,09 D) a nedosáhly statistické významnosti. Červené přerušované čáry označují 95% hranice shody rozdílů (s rozsahem širším než 1,00 D). Modré přerušované čáry označují trend rozdílů mezi porovnávanými metodami a šedé oblasti označují intervaly spolehlivosti trendů

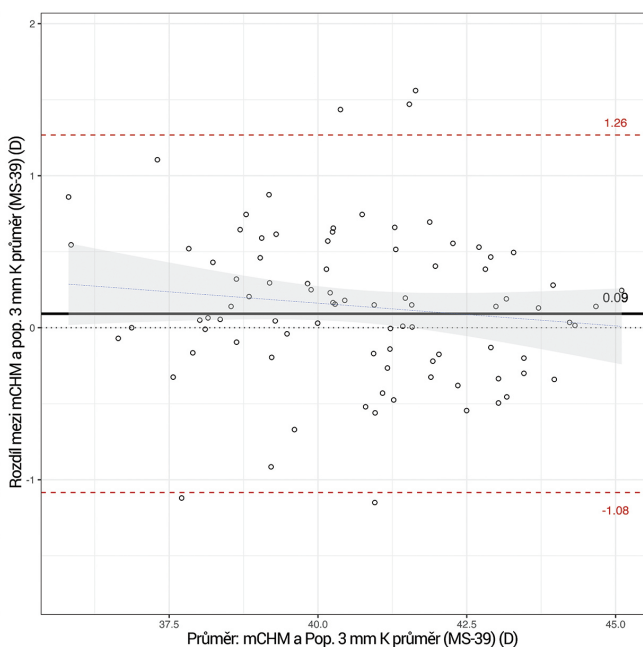
mCHM – modifikovaná metoda klinické anamnézy (Schwind), SimK – simulovaná keratometrie, D – Dioptrie, Pop. – pooperační

Bland-Altmanovy grafy srovnání mezi mCHM a těmito třemi alternativami.

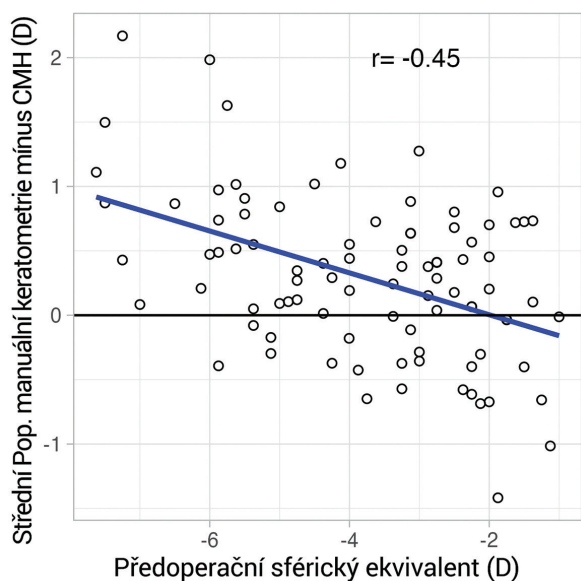
Přestože byl střední rozdíl mezi CHM a pooperační střední manuální keratometrií  $-0,29 \pm 0,62$  D, tedy manuální keratometrie byla v průměru vyšší než hodnota stanovená CHM, u 26 očí (28,9 %) byla pooperační manuální keratometrie nižší než hodnoty stanovené CHM, s rozdíly až +1,42 D (Graf 1, graf vpravo nahoře).

Korelace mezi rozdílem střední manuální keratometrie naměřené po operaci a optické mohutnosti rohovky stanovené pomocí CHM oproti velikosti předoperačního sférického ekvivalentu je znázorněna v Grafu 5. Pearsonovým korelačním koeficientem ( $r$ ) o hodnotě  $-0,45$  ( $p < 0,001$ ) byla zjištěna středně silná negativní korelace. Analyzována byla korelace mezi těmito dvěma parametry a nikoli mezi CHM a ostatními metodami, protože při rutinních klinických vyšetřeních je téměř výhradně (alespoň v naší zemi) prováděna manuální keratometrie.

S použitím dat z 80 % z celkového počtu očí ( $n = 72$ ), s výjimkou výpočtů využívajících MPP MS-39 5,5 mm, které vycházely z dat od 69 očí z důvodů technických problémů, jsme odvodili lineární regresní vzorce. Tyto vzorce byly zaměřeny na predikci hodnot odvozených metodou CHM na základě údajů z pooperačních tomografických metod, které musely splňovat dvě kritéria: zahrnovaly měření zadní plochy rohovky pomocí jednoho ze dvou tomografů a nevykazovaly žádné statisticky významné



rozdíly v průměrných optických mohutnostech ve srovnání s CHM. Následně byla provedena jejich validace u zbývajících 20 % očí ( $n = 18$ ). Výsledky jsou znázorněny v Grafech 6 a 7 a popsány níže:



**Graf 5.** Bodový graf ukazující vztah mezi rozdílem střední pooperační manuální keratometrie/odhadem optické mohutnosti rohovky pomocí CHM a předoperačním sférickým ekvivalentem.  $r$  bylo -0,45 ( $p < 0,001$ ), modrá čára ukazuje trend korelace

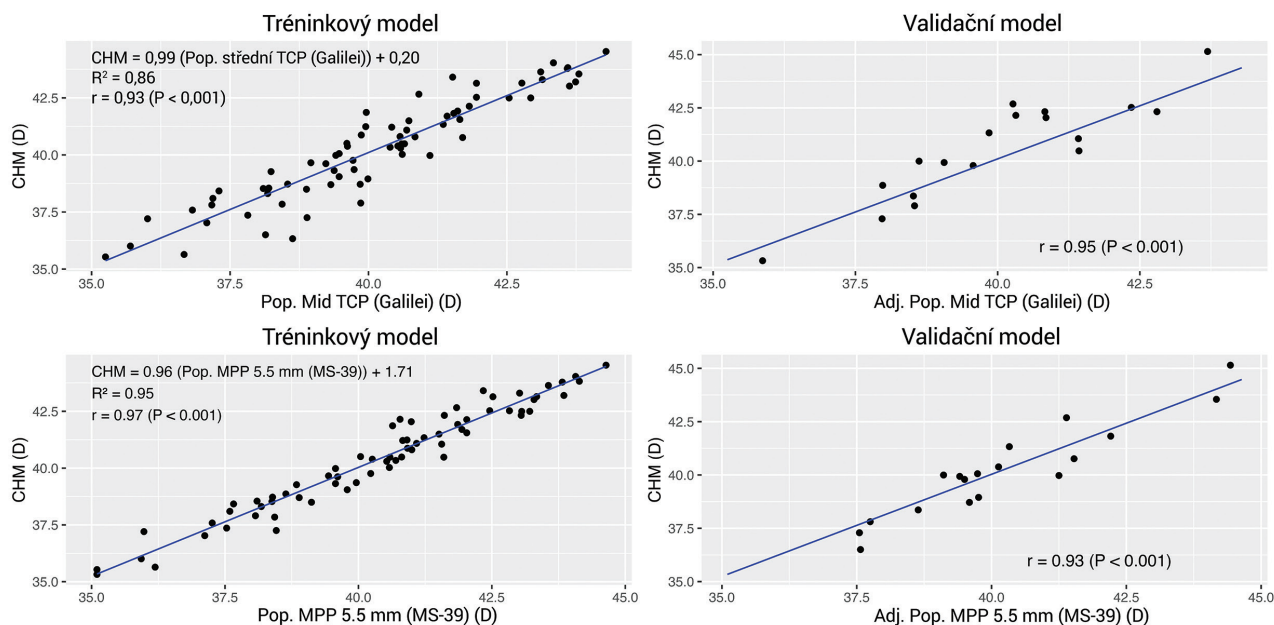
CHM – metoda klinické anamnézy, Pop. Střední keratometrie – střední pooperační manuální keratometrie, D – Dioptrie

Predikce CHM versus predikce založená na pooperačním středové TCP (Galilei) po úpravě regresním vzorcem (Adj. Postoperative Mid TCP Galilei) (Graf 6, horní grafy): Výsledky validace na 18 očích ukázaly průměrnou hodnotu 40,10 D s 95 % CI [39,20; 41,00], proti očekávané střední hodnotě podle CHM 40,52 D s 95% CI [39,42; 41,61], což představuje nevýznamný průměrný rozdíl (-0,42,  $p = 0,09$ ).

Predikce CHM versus predikce založená na pooperačním MPP 5.5 MS-39 mm po úpravě regresním vzorcem (Adj. Postoperative MPP 5.5 mm MS-39) (Graf 6, dolní grafy): Výsledky validace na 18 očích ukázaly průměrnou hodnotu 39,86 D s 95 % CI [38,84; 40,88], proti očekávané střední hodnotě podle CHM 40,00 D s 95% CI [39,03; 40,97], což představuje nevýznamný průměrný rozdíl (-0,14,  $p = 0,43$ ).

Predikce CHM versus predikce založená na pooperačním Galilei průměru po úpravě regresním vzorcem (Adj. Postoperative Galilei average) (Graf 7, horní grafy): Výsledky validace na 18 očích ukázaly průměrnou hodnotu 40,07 D s 95 % CI [39,09; 41,04], proti očekávané střední hodnotě podle CHM 40,52 D s 95% CI [39,42; 41,61], což představuje nevýznamný průměrný rozdíl (-0,45,  $p = 0,02$ ).

Predikce CHM versus predikce založená na pooperačním MS-39 průměru po úpravě regresním vzorcem (Adj. Postoperative MS-39 average) (Graf 7, dolní grafy): Výsledky validace na 18 očích ukázaly průměrnou hodnotu 40,11 D s 95 % CI [39,06; 41,15], proti očekávané střední hodnotě podle CHM 40,52 D s 95% CI [39,42; 41,61], což představuje nevýznamný průměrný rozdíl (-0,41,  $p = 0,02$ ).



**Graf 6.** Bodový diagram, regresní přímka a regresní rovnice zobrazující závislost odhadů provedených metodou CHM na pooperační (Pop.) Mid TCP Galilei v tréninkovém modelu (vlevo nahoře), který vykázal  $R^2 = 0,86$  a  $r = 0,93$ , a na Adj. Pop. Mid TCP Galilei při validaci modelu pomocí regresního vzorce (vpravo nahoře),  $r = 0,95$ ; a závislost odhadů provedených pomocí CHM na pooperační MPP 5,5 mm MS-39 v tréninkovém modelu (vlevo dole), který vykázal  $R^2 = 0,95$  a  $r = 0,97$ , a na Adj. Pop. MPP 5,5 mm MS-39 ve validačním modelu pomocí regresního vzorce (vpravo dole),  $r = 0,93$

CHM – metoda klinické anamnézy, Pop. – pooperační, D – Dioptrie



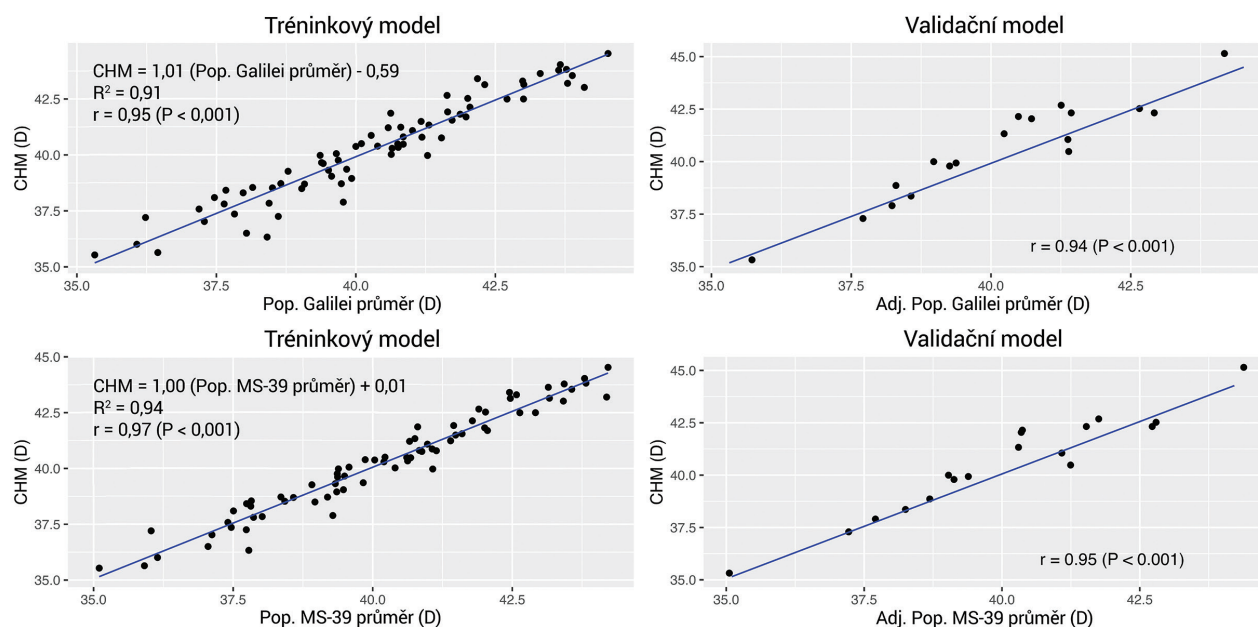
Pomocí Bland-Altmanova grafu byla rovněž analyzována shoda mezi hodnotami získanými těmito čtyřmi metodami pomocí tomografů již upravenými pomocí příslušného regresního vzorce (Graf 8).

## DISKUZE

Chyby ve výpočtech optické mohutnosti nitrooční čočky po refrakční operaci pramení ze tří základních příčin. První souvisí s nepřesným měřením poloměru centrálního zakřivení stanoveného keratometry nebo parametru SimK stanoveného rohovkovými topografy [1,2]. Tato zařízení provádějí paracentrální měření v zóně o průměru přibližně 3,0 mm za předpokladu, že každý meridián v této zóně je téměř sférický. Nezohledňují však asférické změny generované v důsledku laserové ablace, takže mají tendenci nadhodnocovat optickou mohutnost u rohovek operovaných pro krátkozrakost, kde je centrální oblast plošší než oblast paracentrální, a podhodnocovat ji u rohovek operovaných pro dalekozrakost, kde je centrální oblast strmější než oblast paracentrální. Další chybový faktor je dán použitím keratometrického indexu (1,3375), který u těchto pacientů není ideální, protože úpravou přední (nikoli však zadní) plochy rohovky se mění poměr poloměrů mezi oběma povrchy oproti standardní hodnotě, což znehodnocuje použití tohoto indexu. Poslední zdroj chyb spočívá v nepřesné predikci efektivní polohy čočky z důvodu váhy, kterou v tomto procesu vykazuje keratometrie v rámci biometrických vzorců třetí generace (Hoffer Q, Holladay 1, SRK/T), což vede v případech myopické ablace k podhodnocení

a v případech hypermetropické ablace k nadhodnocení polohy, kam bude nitrooční čočka umístěna po operaci katarakty [1,2].

V této studii byl při porovnávání Holladayova CHM versus mCHM Bland-Altmanovým grafem obecně zjištěn negativní posun, který naznačuje, že hodnota odhadnutá CHM byla nižší než hodnota vypočítaná modifikovanou metodou. Kromě toho byl však pozorován pozitivní trend rozdílů, když se velikost odhadované optické mohutnosti rohovky zvyšovala, tzn. že u plošších rohovek byl při srovnání těchto dvou metod zaznamenán větší rozdíl (Graf 1). Při porovnání CHM s průměrnou pooperační keratometrií v Bland-Altmanově grafu byl podle očekávání zjištěn negativní posun -0,29 D, ale s velmi širokými 95% hranicemi shody (-1,51 až +0,93 D), které překračují maximální limit stanovený autory jako klinicky nevýznamný. Regrese rozdílů navíc ukázala pozitivní trend překračující nulu, tj. u plošších rohovek pooperační měření keratometrií nadhodnocovalo optickou mohutnost rohovky více než u rohovek strmějších (Graf 1). Kromě toho rozdíly mezi pooperační manuální keratometrií a odhadem CHM konzistentně nevykazovaly nadhodnocení optické mohutnosti rohovky stanovené první metodou, protože téměř u jedné třetiny očí (28,9 %) byla pooperační manuální keratometrie po myopické ablaci plošší ve srovnání s CHM odhadem. To nasvědčuje skutečnosti, že je manuální keratometrie po refrakční chirurgii pravděpodobně méně spolehlivá. V tomto ohledu je třeba realizovat další studie. Korelace mezi rozdílem pooperační střední manuální keratometrie od optické mohutnosti rohovky stanovené pomocí CHM oproti velikostí předoperačního sférického



**Graf 7.** Bodový diagram, regresní přímka a regresní rovnice zobrazující závislost odhadů provedených CHM na pooperačním (Pop.) Galileiho průměru v tréninkovém modelu (vlevo nahoře), který vykázal  $R^2 = 0,91$  a  $r = 0,95$ , a na Adj. Pop. Galilei průměru při validaci modelu pomocí regresního vzorce (vpravo nahoře),  $r = 0,94$ ; a závislost odhadů provedených pomocí CHM na pooperačním průměru MS-39 v tréninkovém modelu (vlevo dole), který vykázal  $R^2 = 0,94$  a  $r = 0,97$ , a na Adj. Pop. MS-39 průměru při validaci modelu pomocí regresního vzorce,  $r = 0,95$  (vpravo dole)

CHM – metoda klinické anamnézy, Pop. – pooperační, Adj. – upraveno pomocí regresního vzorce, D – Dioptrie

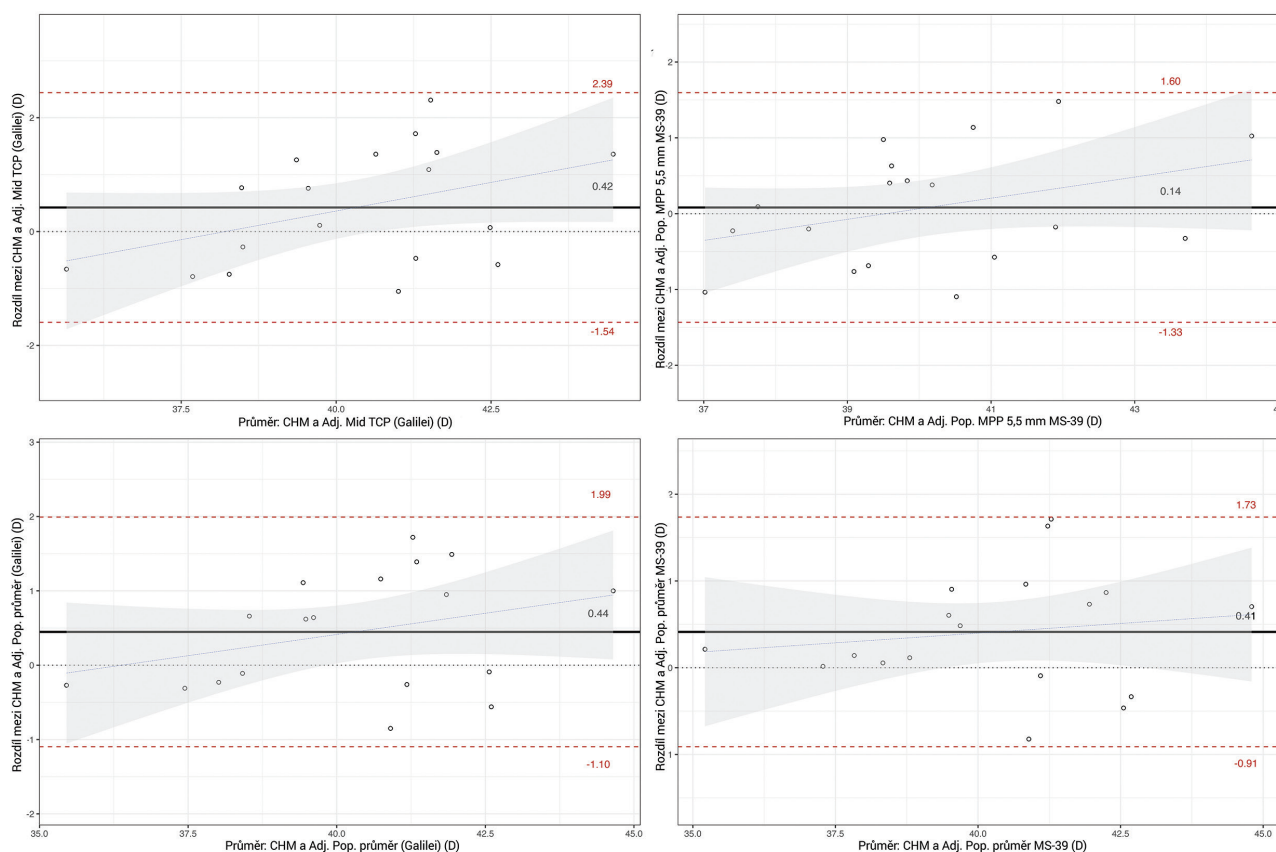
ekvivalentu byla pouze středně silná, negativní (Pearsonův korelační koeficient  $[r] -0,45$ ) s viditelným rozptylem hodnot podél spektra předoperační velikosti sférického ekvivalentu (Graf 5).

Na druhou stranu, při zkoumání shody mezi mCHM a pooperační střední keratometrií bylo pozorováno, že zjištěný malý pozitivní posun 0,16 D nebyl statisticky významný (Graf 3 a Tabulka 2). Toto zjištění (pozitivní rozdíl) se liší od teoretického předpokladu, což naznačuje, že naměřená pooperační střední keratometrie může nadhodnocovat skutečnou pooperační optickou mohutnost rohovky po myopické ablaci excimerovým laserem. V důsledku toho by měl být průměrný rozdíl mezi mCHM (předpokládaně odrazující skutečnou optickou mohutnost rohovky) a střední pooperační optickou mohutností rohovky teoreticky záporný.

Byla analyzována i shoda mezi optickou mohutností odhadnutou pomocí CHM a čtyřmi dalšími metodami, které zahrnovaly měření přední i zadní plochy rohovky provedená tomografem a které ve svém průměru nevykazovaly statisticky významné rozdíly oproti odhadované hodnotě CHM. Podobně jako ve studii realizované Jaramillem a kol.

pomocí zařízení Sirius® (CSO, Florencie, Itálie) [2] jsme rovněž i v naší studii s přístroji MS-39® a Galilei® pozorovali u měření SimK tendenci k nadhodnocování optické mohutnosti rohovky a u celkové optické mohutnosti naopak tendenci k podhodnocování, a proto jsme vytvořili proměnnou, která měření pro každý z přístrojů průměruje (pooperační Galilei průměr a pooperační MS-39 průměr). Pro všechny tyto metody byly v Bland-Altmanových grafech průměrné rozdíly vzhledem k odhadu CHM nízké (méně než 0,18 D) a klinicky nevýznamné, ale měly velmi široké hranice shody, téměř všechny větší než 1,0 D v obou směrech, což omezuje klinickou využitelnost, protože tyto metody nelze reálně považovat v analýze konkrétního oka za ekvivalentní s metodou CHM (Graf 2).

Dále byla provedena konstrukce lineárních regresních vzorců s cílem prozkoumat schopnost predikovat hodnotu odhadnutou pomocí CHM na základě některých parametrů (zahrnujících údaje o přední a zadní ploše rohovky) měřených rohovkovými tomografy nebo průměrů dvou vybraných údajů z každého zařízení (pooperační Galilei průměr a pooperační MS-39 průměr). Přestože hodnoty R, které determinuje sílu vztahu mezi



**Graf 8.** Bland-Altmanovy grafy porovnávající odhadovanou pooperační optickou mohutnost rohovky pomocí CHM versus Adj. Pop. Mid TCP Galilei (vlevo nahoře), versus Adj. Pop. MPP 5,5 mm MS-39 (vpravo nahoře), versus Adj. Pop. Galileiho průměr (vlevo dole) a proti Adj. Pop. Průměr MS-39 (vpravo dole). Tučné černé vodorovné čáry označují průměrnou odchylku, tj. průměr rozdílů mezi těmito dvěma metodami. Průměrné rozdíly byly 0,42 a 0,14 D pro srovnání CHM s Adj. Pop. Mid TCP Galilei a Adj. Pop. MPP 5,5 mm MS-39, která nedosáhla statistické významnosti. Průměrné rozdíly byly 0,44 a 0,41 D pro srovnání CHM s Adj. Pop. Galileiho průměr a Adj. Pop. MS-39 průměr, který dosáhl statistické významnosti. Červené přerušované čáry označují 95% hranice shody rozdílů (všechny s rozsahem širším než 1,00 D). Modré přerušované čáry označují trend rozdílů mezi porovnávanými metodami a šedé oblasti označují intervaly spolehlivosti trendů

CHM – metoda klinické anamnézy, Pop. – pooperační, Adj. – upraveno pomocí regresního vzorce, D – Dioptrie

modelem a závislými proměnnými, byly velmi vysoké, a to 0,93 až 0,98, a přestože průměry rozdílů při validaci modelů byly nízké a bylo možné je považovat za klinicky přijatelné (0,14 až 0,45 D), v Bland-Altmanových grafech byly 95% meze shody opět příliš široké, téměř vždy přesahující 1,0 D v obou směrech, což překračuje toleranci stanovenou autory pro klinickou nevýznamnost.

Lekhanont a kol. ve své studii porovnávající pooperační měření získaná po fotorefrakční operaci přístroji Orbscan II<sup>®</sup> a Pentacam<sup>®</sup> zjistili statisticky významné rozdíly mezi téměř všemi těmito měřeními z hlediska CHM, a pokud nebyl zjištěn žádný významný rozdíl (Pentacam<sup>®</sup> EKR při 3,0 mm), 95% meze shody na Bland-Altmanově grafu byly příliš široké (větší než 2,0 D v každém směru) [8]. Přestože naše výsledky byly méně nesourodé a rozdíly, které jsme identifikovali, byly menší, souhlasíme s výzkumnými pracovníky výše jmenované studie, že v důsledku rozptylu údajů a nadměrných limitů shody, které přesahují klinicky přijatelný rozsah shody, je třeba brát jakékoli přímé měření optické mohutnosti rohovky po fotorefrakční operaci s velkou opatrností.

To neznamená, že není možné v případě potřeby použít některá z těchto měření nebo jejich modifikace jako doplňková data pro stanovení optické mohutnosti rohovky (obzvláště v případě zařízení Galilei<sup>®</sup>: střední TCP a střední TCP upravené pomocí regresního vzorce; v případě zařízení MS-39<sup>®</sup>: MPP MS-39 5,5 mm a MPP MS-39 5,5 mm upravené pomocí regresního vzorce; a dále rovněž Galilei průměr a MS-39 průměr). Když se například některý pacient s fotorefrakční operací v anamnéze chystá podstoupit operaci šedého zákalu, mohla by být zadána optická mohutnost rohovky určená jednou z těchto metod do biometrického vzorce novější generace (Barrett Universal II, Hill-RBF-3.0, Kane, Pearl DGS atd.) při výpočtu optické mohutnosti nitrooční čočky, která má být implantována. Zjištěné výsledky je však nutné korelovat s jinými metodami, jež byly popsány k stanovení optické mohutnosti po refrakční chirurgii. Zároveň je třeba mít na paměti, že u pacientů po fotorefrakční operaci je po následné operaci katarakty vždy větší pravděpodobnost klinicky významné reziduální chyby (ve dvou nedávných studiích byla u téměř 30 % očí zjištěna reziduální chyba > 0,50 D), o čemž je nutné pacienty informovat [22–24].

Jedním z nedostatků zde představené studie je skutečnost, že pracovala s relativně malým vzorkem. Všechny oči byly navíc operovány pro korekci krátkozrakosti nebo myopického astigmatismu excimerovým laserem Amaris Schwind<sup>®</sup> s profilem Aberration Free<sup>®</sup>, a proto jejich výsledky nelze přímo extrapolovat na oči operované na jiných platformách, popř. operované pro hypermetrické refrakční vady nebo smíšený astigmatismus.

## ZÁVĚR

I přesto, že se některá měření pomocí tomografů Galilei<sup>®</sup> (mid TCP) a MS-39<sup>®</sup> (MPP MS-39 5,5 mm) spolu s průměry odvozenými z různých měření pomocí těchto zařízení a včetně měření upravených lineárními regresními vzorci těsně blížila očekávaným pooperačním hodnotám optické mohutnosti rohovky stanoveným metodou CHM, je nutné všechny tyto údaje využívat s opatrností. Příčinou jsou příliš široké limity shody, které naznačují, že výpočty mohou u konkrétního oka postrádat dostatečnou přesnost.

K porovnání dalších metod odhadu optické mohutnosti rohovky po operaci excimerovým laserem je třeba v budoucnu provést další studie s většími vzorky a s pacienty operovanými odlišnými přístroji, které budou definovat nejlepší metodu měření či odhadu optické mohutnosti rohovky.

## Dodržení etických standardů

Tato studie byla schválena etickou komisí instituce. Od účastníků studie byl získán informovaný souhlas.

## Prohlášení o financování

Tato studie byla podpořena finančními prostředky Centro Oftalmologico Virgilio Galvis, Universidad Autónoma de Bucaramanga UNAB a Ministerstva vědy a technologie Kolumbijské republiky (smlouva 8740-082-2021).

## Střet zájmů

V.G., A.T., V.O., S.J.V. a S.E.S. potvrzují, že nemají žádný finanční ani nefinanční zájem na předmětu této studie ani na materiálech v ní použitých.

S.A.M. je zaměstnancem společnosti Schwind Eye-Tech Solutions.

R.M. je zaměstnancem společnosti ROCOL, která je distributorem excimerových laserových zařízení vyráběných společností Schwind Eye-Tech Solutions a zařízení vyráběných společností CSO pro Kolumbii.

## LITERATURA

- Galvis V, Tello A, Otoya V, et al. Determination of Corneal Power after Refractive Surgery with Excimer Laser: A Concise Review. *Cesk Slov Oftalmol.* 2023;79(5):215-220. <https://doi.org/10.31348/2023/8>
- Jaramillo LC, Galvis V, Tello A, et al. Determination of corneal power with a corneal tomograph after refractive excimer laser surgery. *MedUNAB.* 2018;21:16-45. <https://doi.org/10.29375/01237047.2397>
- Pantanelli SM, Lin CC, Al-Mohdaseb Z, et al. Intraocular Lens Power Calculation in Eyes with Previous Excimer Laser Surgery for Myopia: A Report by the American Academy of Ophthalmology. *Ophthalmology.* 2021;128:781-792. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2020.10.031>
- Holladay JT. IOL Calculations following Radial Keratotomy Surgery. *Refractive & Corneal Surgery.* 1989;5:203.
- Holladay JT, Galvis V, Tello A. Re: Wang et al.: Comparison of newer intraocular lens power calculation methods for eyes after corneal refractive surgery (*Ophthalmology* 2015;122:2443-9). *Ophthalmology.* 2016;123: e55-e56. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2016.02.038>
- Holladay JT, Hill WE, Steinmueller A. Corneal power measurements using scheimpflug imaging in eyes with prior corneal refractive surgery. *J Refract Surg.* 2009;25:862-868. Erratum in: *J Refract Surg.* 2010;26:387. <https://doi.org/10.3928/1081597X-20090917-07>

7. Baradaran-Rafii A, Fekri S, Rezaie M et al. Accuracy of Different Topographic Instruments in Calculating Corneal Power after Myopic Photorefractive Keratectomy. *J Ophthalmic Vis Res.* 2017;12:254-259. [https://doi.org/10.4103/jovr.jovr\\_74\\_16](https://doi.org/10.4103/jovr.jovr_74_16)
8. Lekhanont K, Nonpassopon M, Wannarosapark K, et al. Agreement between clinical history method, Orbscan IIz, and Pentacam in estimating corneal power after myopic excimer laser surgery. *PLoS One.* 2015;10:1-12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0123729>
9. Ng ALK, Chan TCY, Cheng ACK. Comparison of different corneal power readings from Pentacam in post-laser in situ keratomileusis eyes. *Eye Contact Lens.* 2018;44:S 370-375. <https://doi.org/10.1097/ICL.0000000000000503>
10. de Rojas Silva MV, Tobío Ruibal A, Suanzes Hernández J. Corneal power measurements by ray tracing in eyes after small incision lenticular extraction for myopia with a combined Scheimpflug Camera-Placido disk topographer. *Int Ophthalmol.* 2022;42:921-931. <https://doi.org/10.1007/s10792-021-02073-9>
11. Elkitkat RS, Rifay Y, Gharieb HM, et al. Accuracy of the indices of MS-39 anterior segment optical coherence tomography in the diagnosis of keratoconic corneas. *Eur J Ophthalmol.* 2022;32(4):2116-2124. <https://doi.org/10.1177/11206721211063720>
12. Doctor K, Vunnavu KP, Shroff R, et al. Simplifying and understanding various topographic indices for keratoconus using Scheimpflug based topographers. *Indian J Ophthalmol.* 2020;68(12):2732-2743. doi:10.4103/ijo.IJO\_2111\_20
13. Rodríguez AH, Galvis V, Tello A, et al. Fellow eye comparison between alcohol-assisted and single-step transepithelial photorefractive keratectomy: late mid-term outcomes. *Rom J Ophthalmol* 2020;64:176-183. <https://doi.org/10.22336/rjo.2020.30>
14. Holladay JT, Waring GO. Optics and topography of the cornea in RK. In: Waring GO (eds.) *Refractive keratotomy for myopia and astigmatism.* Mosby-Yearbook, St Louis, MO, USA, 1992. pp 62-64.
15. Mandell RB. Corneal power correction factor for photorefractive keratectomy. *J Refract Corneal Surg.* 1994;10:125-128.
16. Arba-Mosquera S, de Ortueta D. Analysis of optimized profiles for 'aberration-free' refractive surgery. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2009;29:535-548. <https://doi.org/10.1111/j.1475-1313.2009.00670.x>
17. de Ortueta D, Arba-Mosquera S, Baatz H. Topographic changes after hyperopic LASIK with the SCHWIND ESIRIS laser platform. *J Refract Surg.* 2008;24:137-144. <https://doi.org/10.3928/1081597X-20080201-03>
18. de Ortueta D, Arba Mosquera S, Baatz H. Aberration-neutral ablation pattern in hyperopic LASIK with the ESIRIS laser platform. *J Refract Surg.* 2009;25:175-184. <https://doi.org/10.3928/1081597X-20090201-02>
19. Pradhan KR, Arba Mosquera S. Twelve-month outcomes of a new refractive lenticular extraction procedure. *J Optom.* 2021;S1888-4296(21)00085-6. <https://doi.org/10.1016/j.optom.2021.11.001>
20. Portney LG, Gross D. Measurement Revisited: Reliability and Validity Statistics. In: Portney LG (ed) *Foundations of Clinical Research -Applications to Evidence Based Practice.* FA Davis Company, Philadelphia, Penn, USA, 2020. p. 491.
21. Koo TK, Li MY. A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research [published correction appears in *J Chiropr Med.* 2016;15:155-163. <https://doi.org/10.1016/j.jcm.2016.02.012>
22. Hodge C, McAlinden C, Lawless M, et al. Intraocular lens power calculation following laser refractive surgery. *EyeVis (London).* 2015;2:7. <https://doi.org/10.1186/s40662-015-0017-3>
23. Ferguson TJ, Downes RA, Randleman JB. IOL power calculations after LASIK or PRK: Barrett True-K biometer-only calculation strategy yields equivalent outcomes as a multiple formula approach. *J Cataract Refract Surg.* 2022;48:784-789. <https://doi.org/10.1097/j.jcrs.0000000000000883>
24. Blaylock JF, Hall BJ. Refractive Outcomes Following Trifocal Intraocular Lens Implantation in Post-Myopic LASIK and PRK Eyes. *Clinic Ophthalmol.* 2022;16:2129-2136. <https://doi.org/10.2147/OPHT.5370061>