

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
BIOMEDICÍNSKÉHO
INŽENÝRSTVÍ**



**BAKALÁŘSKÁ
PRÁCE**

2019

**KATEŘINA
DVOŘÁKOVÁ**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta biomedicínského inženýrství
Katedra přírodovědných oborů**

**Sagitální hloubka komerčních kontaktních čoček
a její vhodnost pro statistický soubor klientů**

**Sagittal depth of commercial contact lenses
and its suitability for statistical universe of clients**

Bakalářská práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika
Studijní obor: Optika a optometrie

Autor bakalářské práce: Kateřina Dvořáková
Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jiří Michálek, CSc.

Kladno 2019



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Dvořáková** Jméno: **Kateřina** Osobní číslo: **465436**
Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**
Garantující katedra: **Katedra přírodních oborů**
Studijní program: **Biomedicínská a klinická technika**
Studijní obor: **Optika a optometrie**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Sagitální hloubka komerčních kontaktních čoček a její vhodnost pro statistický soubor klientů

Název bakalářské práce anglicky:

Sagittal depth of commercial contact lenses and its suitability for statistical universe of clients

Pokyny pro vypracování:

Zjistěte dostupné informace o vývoji parametrů kontaktních čoček, zejména s ohledem na tvarové parametry. Popište nejběžnější konstrukci kontaktních čoček, porovnejte výhody a nevýhody sférických a asférických ploch. Definujte vztah mezi průměrem, základním zakřivením vnitřní plochy čočky a její sagitální hloubkou. Sestavte tabulku kontaktních čoček dostupných na našem trhu a jejich tvarových parametrů. Uvedte hodnoty tvarových parametrů rohovky pro „standardní oko“ a formulujte cíle pro experimentální část bakalářské práce. Vyberte a definujte soubor klientů, vyhodnoťte změřené parametry jejich rohovek a diskutujte vhodnost aplikovaných čoček podle jejich sagitální hloubky.

Seznam doporučené literatury:

- [1] EFRON, N., Contact lens practice, ed. 2, St. Louis, Mo.: Butterworth Heineman, 2010, 510 s., ISBN 978-070-2047-633
- [2] BIBBY, M.M., Sagittal depth considerations in the selection of the base curve radius of a soft contact lens, Am J Optom Physiol Opt., ročník 56, číslo 7, 1979, 407-413 s.
- [3] YOUNG, G., Ocular sagittal height and soft contact lens fit, Journal of The British Contact Lens Association, ročník 15, číslo 1, 1992, 45-49 s., DOI: 10.1016/0141-7037(92)80031-T
- [4] HOM, M.M., BRUCE, A.S., Manual of Contact Lens Prescribing and Fitting, ed. 1, Elsevier Health Sciences, 2006, 749 s., ISBN 9780750675178


Jméno a příjmení vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Jiří Michálek, CSc.

Jméno a příjmení konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **19.02.2019**

Platnost zadání bakalářské práce: **20.09.2020**


.....
doc. Ing. Lenka Lhotská, CSc.
podpis vedoucí(ho) katedry


.....
prof. MUDr. Ivan Dylevský, DrSc.
podpis děkana(ky)

Název práce: Sagitální hloubka komerčních kontaktních čoček a její vhodnost pro statistický soubor klientů

Abstrakt:

Úlohou kontaktologa je vybrat pro své klienty nejvhodnější typ kontaktních čoček, a to, kromě kvalifikovaného posouzení zdravotního stavu předního segmentu oka, podle tvarových i rozměrových parametrů jeho rohovky a s ohledem na materiálové, tvarové a optické parametry dostupných typů vyráběných kontaktních čoček.

Tato bakalářská práce se zabývá vlastnostmi měkkých kontaktních čoček, především pak jejich tvarovými parametry. Popisuje vztah mezi průměrem, zakřivením vnitřní plochy a sagitální hloubkou kontaktních čoček. Uvádí průměrné hodnoty tvarových parametrů rohovky lidského oka. Poskytuje přehled komerčně vyráběných čoček, momentálně dostupných na českém trhu, a jejich vybraných vlastností. Porovnává velikosti sagitální hloubky vybraných kontaktních čoček zjištěné výpočtem s hodnotami udávanými distributory, respektive nalezenými v literatuře. Na vzorku klientů z optické praxe ukazuje důležitost výpočtu sagitální výšky oka a zároveň naznačuje ideální vztah mezi sagitou oka a sagitou potenciálně aplikované kontaktní čočky. Pro klienty s nestandardními parametry předního segmentu oka navrhuje možnosti individuálního řešení. Na základě zjištěných faktů formuluje doporučení pro kontaktologickou praxi.

Jako jeden z výstupů práce bylo vypočteno, že velikost sagitální výšky „standardní rohovky“ je 3,27 mm ($\pm 0,45$ mm). Tato hodnota je v souladu s daty pocházejícími z předchozích výzkumů. Dále bylo zjištěno, že rozdíl mezi sagitální výškou oka a sagitální hloubkou kontaktní čočky by u správné aplikace neměl přesáhnout ± 200 μ m. Na vzorku 20 klientů z optické praxe bylo ukázáno, že pouze 71 % z nich nosí kontaktní čočky, které svou sagitální hloubkou odpovídají sagitální výšce předního segmentu jejich oka.

Klíčová slova:

Kontaktní čočky, průměr, zakřivení vnitřní plochy, sagita, rohovka, skléra, keratometrie, hydrogely, silikonhydrogely

Title: Sagittal depth of commercial contact lenses and its suitability for statistical universe of clients

Abstract:

The role of the practitioner is to select the most suitable type of contact lenses for his clients. In addition to this, he has to provide a qualified assessment of the anterior segment of the eye, considering the shape and dimensional parameters of cornea as well as the material, shape and optical parameters of available contact lens types.

This bachelor thesis deals with properties of soft contact lenses, especially with their shape parameters. It describes the relationship between diameter, curvature of the inner surface and sagittal depth of contact lenses. It shows the average values of the corneal shape parameters of the human eye. It provides an overview of commercially produced lenses currently available on the Czech market and their selected properties. It compares the magnitude of sagittal depth of selected contact lenses given by a calculation of the values provided by the distributors, respectively found in the literature. On a sample of clients from optical practice, this paper shows the importance of calculating the sagittal height of the eye, and at the same time it suggests the ideal relationship between the sagittal height of the eye and the sagittal depth of the potentially applied contact lens. For the clients with non-standard parameters of the anterior eye segment, the calculations propose individual solutions. Based on the findings, this presented work then formulates recommendations for contactological practice.

As one of the outputs of the work, it was calculated that the sagittal height of the „standard cornea“ is 3.27 mm (± 0.45 mm). This value is consistent with the data from previous research. Furthermore, it was found that the difference between the sagittal eye height and the sagittal depth of the contact lens should not exceed ± 200 μm in the correct application. A sample of 20 clients from optical practice has shown that only 71 % of them wear contact lenses that have their sagittal depth in accordance with the sagittal height of the anterior segment of their eye.

Key words:

Contact lenses, diameter, back central optic radius, sagittal depth, cornea, sclera, keratometry, hydrogels, siliconhydrogels

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych touto cestou poděkovala svému vedoucímu bakalářské práce, panu Ing. Jiřímu Michálkovi, CSc., za odborné vedení práce a cenné rady při jejím zpracování.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „Sagitální hloubka komerčních kontaktních čoček a její vhodnost pro statistický soubor klientů“ zpracovala samostatně a použila k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v příloženém seznamu.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

V Kladně dne 15. 5. 2019

OBSAH

| | |
|---|-----------|
| 1 ÚVOD | 1 |
| TEORETICKÁ ČÁST | 3 |
| 2 HISTORIE KONTAKTNÍCH ČOČEK | 4 |
| 2.1 Vývoj tvarových parametrů měkkých kontaktních čoček | 5 |
| 3 MATERIÁLY PRO VÝROBU MĚKKÝCH KONTAKTNÍCH ČOČEK | 7 |
| 3.1 Hydrogely | 7 |
| 3.2 Silikonhydrogely | 8 |
| 3.3 HyperGel | 9 |
| 4 PARAMETRY KONTAKTNÍCH ČOČEK | 10 |
| 4.1 Vybrané materiálové parametry kontaktních čoček | 10 |
| 4.1.1 Optické vlastnosti | 10 |
| 4.1.2 Botnací vlastnosti | 11 |
| 4.1.3 Mechanické vlastnosti | 12 |
| 4.1.4 Transportní vlastnosti | 14 |
| 4.2 Tvarové parametry kontaktních čoček | 15 |
| 4.2.1 Průměr | 16 |
| 4.2.2 Průměr optické zóny | 16 |
| 4.2.3 Zakřivení vnitřní plochy | 17 |
| 4.2.4 Sagitální hloubka | 18 |
| 4.2.5 Středová tloušťka, tloušťkový profil | 21 |
| 4.2.6 Rozdíly tvarových parametrů u sférických a asférických kontaktních čoček .. | 22 |
| 5 TVAROVÉ PARAMETRY KOMERČNĚ VYRÁBĚNÝCH KONTAKTNÍCH ČOČEK V ČR | 23 |
| PRAKTICKÁ ČÁST | 32 |
| 6 STANOVENÍ HYPOTÉZ | 33 |
| 7 POUŽITÉ MATERIÁLY, PŘÍSTROJE A METODIKY | 34 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 8 | VÝSLEDKY MĚŘENÍ A DISKUZE..... | 40 |
| 8.1 | Výpočet sagitální hloubky kontaktních čoček | 40 |
| 8.2 | Měření parametrů standardní rohovky a výpočet její sagitální výšky | 42 |
| 8.3 | Měření parametrů rohovek klientů z optické praxe a výpočet sagitální výšky předního segmentu jejich oka | 43 |
| 9 | ZÁVĚR..... | 56 |
| | SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY | 57 |
| | SEZNAM ZKRATEK | 60 |
| | SEZNAM OBRÁZKŮ..... | 61 |
| | SEZNAM TABULEK | 63 |
| | PŘÍLOHA 1 | 64 |

1 ÚVOD

Kontaktní čočky patří v současnosti mezi základní varianty korekce refrakčních vad. Společně s péčí o uživatele brýlové korekce spadá dohled nad nositeli kontaktních čoček v České republice do základních kompetencí optometristů. Činnosti, jako výběr správných brýlí, brýlových čoček či doporučení vhodných kontaktních čoček tudíž patří k základním dovednostem každého úspěšného optometristy-kontaktologa.

Další metodou korekce běžných očních vad jsou refrakční mikrochirurgické zákroky (např. laserové refrakční operace), u nichž v poslední době zaznamenáváme velký rozvoj; jejich provádění ale spadá pouze do pravomocí očních lékařů.

Nošení korekčních kontaktních čoček je v dnešní době velmi rozšířené, u klientů oblíbené a vzhledem ke stále rostoucí nabídce, zejména v segmentu torických a multifokálních čoček, možné i pro nové skupiny nositelů. Při dodržování základních principů a zásad jsou kontaktní čočky bezpečným, pohodlným a estetickým způsobem řešení problému refrakčního deficitu očí u lidí dospělého i dětského věku. Kontaktními čočkami se dá úspěšně vyřešit snížená zraková ostrost na dálku, pracovní či čtecí vzdálenost, stejně tak jako kombinované obtíže spojené se zhoršeným viděním na různé vzdálenosti.

Úlohou optometristy-kontaktologa je pro své klienty na základě měření objektivní, subjektivní refrakce a zjištění základních parametrů rohovky a předního segmentu oka, s přihlédnutím k požadavkům a motivaci daného klienta, vybrat nejvhodnější typ kontaktních čoček, ať už pro každodenní, krátkodobé, či příležitostné užívání.

Klient při správném výběru vhodné kontaktní čočky pocítuje přirozený komfort nošení, nemá problémy s aplikací a po vhodné edukaci zvládá o kontaktní čočku pečovat. Ideálně vybranou kontaktní čočku klient v oku prakticky nevnímá a užívá si zlepšení zrakové ostrosti, které mu čočka poskytuje.

Z pohledu optometristy-kontaktologa rozhodují o vhodnosti kontaktní čočky pro daného klienta jednak parametry jeho rohovky (tvarové i rozměrové) a celkový zdravotní stav předního segmentu oka, jednak materiálové, tvarové a optické parametry dostupných typů vyráběných kontaktních čoček.

V prvních dvou kapitolách své práce stručně shrnuji historický vývoj kontaktních čoček a materiálů, které se v současnosti pro jejich výrobu používají. V dalších kapitolách vyjmenovávám a jednotlivě popisuji základní vlastnosti měkkých kontaktních čoček. Mým hlavním zaměřením jsou tvarové parametry kontaktních čoček. Pátá kapitola je souhrnem aktuálně dostupných, komerčně vyráběných kontaktních čoček na českém trhu a specifikací jejich tvarových a materiálových parametrů.

V praktické části práce pak porovnávám hodnoty tvarových parametrů, které jsem naměřila na vzorku probandů, s tvarem a rozměry „standardní“ rohovky lidského oka. Současně metodou výpočtu zjišťuji jeden z hlavních parametrů kontaktních čoček – sagitální hloubku, kterou porovnávám s údaji o sagitální hloubce získanými od jednotlivých distributorů kontaktních čoček na českém trhu a s údaji nalezenými v literatuře. Při své praxi v oční optice jsem také měřila parametry předního segmentu oka současných i začínajících nositelů kontaktních čoček – klientů oční optiky a zjišťovala jsem, zda tvarové parametry komerčně vyráběných kontaktních čoček dokážou pokrýt variabilitu individuálních parametrů jednotlivých nositelů, popřípadě, zda lze některé odchylky řešit nabídkou individualizovaných produktů.

TEORETICKÁ ČÁST

2 HISTORIE KONTAKTNÍCH ČOČEK

Refrakční vady provází lidstvo již od dávnověku. Stejně tak i první pokusy o korekce ametropií systémem více či méně připomínajícím dnešní kontaktní čočku a opírajícím se o základní znalosti anatomické stavby lidského oka jsou staré více než 500 let.

Za autora myšlenky korekce zraku pomocí kontaktní čočky je považován L. da Vinci (1452–1519), italský malíř, stavitel, hudebník a vynálezce. V archivech se zachoval náčrt z roku 1508, kde je optický systém oka doplněn o skleněnou čočku a prostor mezi okem a čočkou vyplněn tekutinou – tj. způsob používaný i v dnešní době [1].

Na začátku 19. století sestrojil T. Young optické zařízení, které se přikládalo na orbitu, vyplněné tekutinou a na konci opatřené skleněnou čočkou, v roce 1845 publikoval J. Herschel metodu korekce nepravidelně zakřivené rohovky pomocí sférické čočky umístěné na oko pomocí „animal jelly“ [2].

Přelom 19. a 20. století byl ve znamení mnoha pokračovatelů rozvoje myšlenky kontaktní čočky. Byl to A. Fick, jenž první popsal výrobu afokální sklerální skleněné čočky a její aplikaci jako ochrany rohovky při karcinomu horního víčka nebo např. E. Kalt, který použil afokální skleněné sklerální čočky pro korekci keratokonu a dosáhl tím signifikantního zlepšení vizu u několika pacientů. První dioptrickou kontaktní čočku vyrobil A. Müller a použil ji na korekci vlastní myopie v roce 1889. [3]

V roce 1933 firma Rohm a Haas uvedla na trh transparentní poly(methylmethakrylát), (PMMA), a nedlouho poté začala výroba sklerálních kontaktních čoček z tohoto materiálu metodou soustružení. Klíčovým zjištěním, které předurčilo PMMA k výrobě kontaktních čoček, bylo, že je tento materiál biologicky inertní. Dalšími výhodnými vlastnostmi byly nízká hmotnost, odolnost proti rozbití a možnost leštění. Vznik první korneální čočky se datuje do roku 1948. K. Tuohy se při výrobě sklerální čočky dopustil chyby, na jejímž základě došlo k oddělení korneální části. Tato nově vzniklá čočka byla po vyleštění okraje vložena do oka a zjistilo se, že je dobře snášena. [4]

Zásadní význam pro vznik měkkých kontaktních čoček má objev prof. O. Wichterleho a Dr. Líma z roku 1960. Hydrofilní gel (poly(2-hydroxyethylmethakrylát), PHEMA) se stal ideálním materiálem pro výrobu kontaktních čoček pro svou biokompatibilitu, vysoký komfort nošení, propustnost materiálu pro kyslík a vodorozpustné látky a ionty. První kontaktní čočky na bázi hydrofilních gelů byly na světový trh uvedeny v roce 1972. O dva roky později, v roce 1974, byly uvedeny na trh tvrdé plynopropustné (rigid gas permeable – RGP) čočky, ve kterých byla základní struktura tvrdých nepropustných čoček – PMMA – pozměněna, resp. nahrazena kopolymerem zajišťujícím propustnost materiálu pro kyslík a CO₂. [5]

Poslední dvě dekády 20. století byly ve znamení kontaktních čoček s vyšším obsahem vody (55–70%) a nových režimů nošení – plánované výměny (čtrnáctidenní, měsíční), v roce 1994 pak byly zavedeny jednodenní kontaktní čočky.

Nejmladším typem materiálu pro výrobu kontaktních čoček jsou silikonhydrogely, na světový trh byly uvedeny v roce 1998. Do současné doby bylo vyvinuto několik generací těchto materiálů zahrnujících širokou škálu možností využití (od jednodenních kontaktních čoček po měsíční) a variabilitu designů (sférické, torické, bifokální, multifokální).

2.1 Vývoj tvarových parametrů měkkých kontaktních čoček

Na konci 19. století existovaly předchůdkyně dnešních kontaktních čoček v podobě skleněných sklerálních čoček o průměru cca 18–20 mm, kdy jejich přední a zadní plocha byly paralelní, jejich zakřivení cca 8 mm a hmotnost těchto čoček se pohybovala kolem 0,5 gramu. První dioptrické kontaktní čočky byly vyvinuty A. Müllerem v hodnotách –14,50 D, –15,00 D a –19,50 D. Byly vyrobeny ze skla v průměru 15–16 mm, s centrální tloušťkou 0,3 mm. Byly dvoukřivkové se zakřivením 7,00 a 7,65 mm v korneální a 13 a 14 mm ve sklerální části. I když byly okraje čočky zaoblené a vyleštěné a při aplikaci byly použity kokainové oční kapky, byly v oku snášeny pouze po omezenou dobu (cca 30 minut). [4]

První měkké kontaktní čočky vyrobené prof. Wichterlem v Československu metodou rotačního odlévání měly zakřivení zadní plochy mezi 6 a 9 mm, celkový průměr mezi 10 a 16 mm, středovou tloušťku 0,2–1,5 mm a hmotnost 30–120 mg. Index lomu se pohyboval kolem 1,44 v závislosti na přesném obsahu vody v daných kontaktních čočkách. Dalším vývojem vznikly kontaktní čočky, které byly mezi roky 1962 a 1964 aplikovány více než 800 pacientům na Oftalmologické klinice v Praze. Tyto modely měly velmi tenké okraje, dva základní průměry 10 a 12–13 mm, parabolický tvar zadní plochy a zakřivení $7,2 \text{ mm} \pm 0,3 \text{ mm}$ v závislosti na konstrukci čočky. [6]

V 80. letech 20. století došlo ve světě k rozšíření výroby hydrogelových kontaktních čoček a s tím i k rozšíření nabídky jejich jednotlivých tvarových parametrů. Např. firma Bausch & Lomb měla v r. 1981 v nabídce kontaktní čočky s průměrem 12,5; 13,6 a 14,5 mm a se základní křivkou o poloměru 7,8; 8,1; 8,35 nebo 8,7 mm. Čočky vyráběné metodou soustružení byly dostupné dokonce v 6 různých zakřiveních od 7,2 do 8,7 mm a v 6 různých průměrech od 13 do 15,5 mm. [4]

V souvislosti se zavedením čoček s plánovanou výměnou, respektive jednorázových čoček, došlo k masivnímu zvýšení výroby i zavedení lití do uzavřené formy (cast molding) jako převážně využívané výrobní metody. Kvůli tomu došlo na konci 20. století k omezení

variability některých tvarových parametrů čoček. Umožnila to i vyšší flexibilita výšebojnatých hydrogelových materiálů. Zároveň došlo k omezení výroby v okrajových hodnotách optické mohutnosti. Moderní, vysoce sofistikované výrobní technologie využívající cast-molding se používají stále právě s ohledem na kvantitu výroby čoček s plánovanou výměnou, a to i u silikonhydrogelů, přestože silikonhydrogely první generace byly obecně považovány za významně tužší než výšebojnaté hydrogely. Kvůli nižším nákladům na výrobu se většina výrobců vydala cestou produkce několika základních designů čoček. Variabilita tvarových vlastností měkkých kontaktních čoček – tzn. celkového průměru, zakřivení zadní plochy a dalších parametrů, které z kombinace zmíněných dvou vycházejí, se u jednotlivých typů kontaktních čoček snížila.

Ani tento fakt však neodrazuje miliony lidí po celém světě od nošení kontaktních čoček. Přes jakýsi „ideální tvar“ čočky zůstávají mezi produkty jednotlivých výrobců určité rozdíly v základních tvarových parametrech. Vhodným výběrem, tedy správnou kombinací tvarových a materiálových parametrů kontaktních čoček, bývá uspokojena variabilita tvarových parametrů rohovky v populaci a tím i převážná většina nositelů.

3 MATERIÁLY PRO VÝROBU MĚKKÝCH KONTAKTNÍCH ČOČEK

Ve své práci se zabývám jednou ze dvou v současnosti existujících skupin kontaktních čoček – měkkými kontaktními čočkami – vyrobenými z hydrofilních materiálů. Druhou skupinu tvoří tvrdé kontaktní čočky (kopolymery alkyl-methakrylátů se siloxanyl-methakryláty příp. flouroalkylmethakryláty), které jsou hydrofobní. V České republice zaujímá aplikace tvrdých kontaktních čoček pouze 4% z celkového počtu aplikací [7].

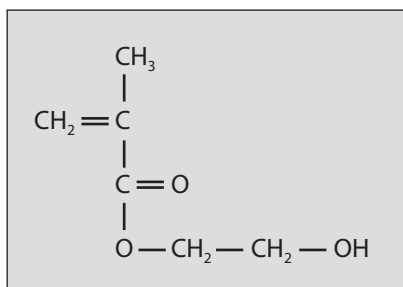
V současnosti se materiály pro výrobu měkkých kontaktních čoček dají rozdělit na:

- hydrogely (standardní hydrogely s obsahem vody 40% a výšeboťnavé hydrogely)
- silikonhydrogely [8]

Výše popsané materiály jsou z chemického hlediska polymerní sítě. Polymer je tvořen mnoha pospojovanými jednotkami, monomery. Existují polymery přírodní (celulóza), částečně přírodní (acetát celulózy) a uměle připravené (polymethylmethakrylát – PMMA). Proces vzniku polymeru spojením jednotlivých monomerů se nazývá polymerizace. Polymerní síť je trojrozměrná nerozpustná struktura tvořená navzájem propojenými dlouhými řetězci homopolymerů či kopolymerů, přičemž síťování umožňují tzv. síťovací činidla – síťovadla. Polymerní síť také označujeme jako gely. To jsou látky, které v daném rozpouštědle pouze botnají. Je-li tímto rozpouštědlem voda, hovoříme o hydrogelech. [9, 10, 29]

3.1 Hydrogely

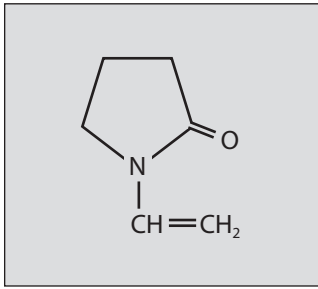
Poly(2-hydroxyethylmethakrylát) (HEMA) je základním polymerem hydrogelových kontaktních čoček. Vzniká polymerizací 2-hydroxyethylmethakrylátu (HEMA, obr. 1) [11]; síťovadlem je ethylendimethakrylát (EDMA). Přítomnost hydroxylové skupiny –OH v monomeru způsobuje, že je PHEMA částečně hydrofilní; tato skupina interaguje pomocí



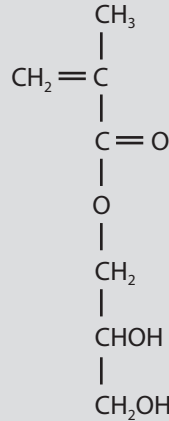
Obr. 1 HEMA

tzv. vodíkových můstků s molekulami vody a „vtahuje“ je do struktury polymeru. Tomuto procesu říkáme botnání (viz kapitola 4.1.2 Botnací vlastnosti).

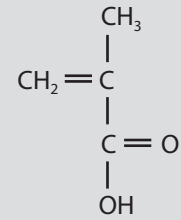
V minulosti obsahovaly hydrogelové materiály jako monomer výhradně HEMA, některé dnešní hydrogely tvoří kopolymery HEMA s dalšími monomery, např. s N-vinylpyrrolidonem (NVP, obr. 2), glycerolmethakrylátem (GMA, obr. 3) nebo kyselinou methakrylovou (MA, obr. 4). Tyto kopolymery



Obr. 2 N-vinylpyrrolidon



Obr. 3 Glycerolmethakrylát

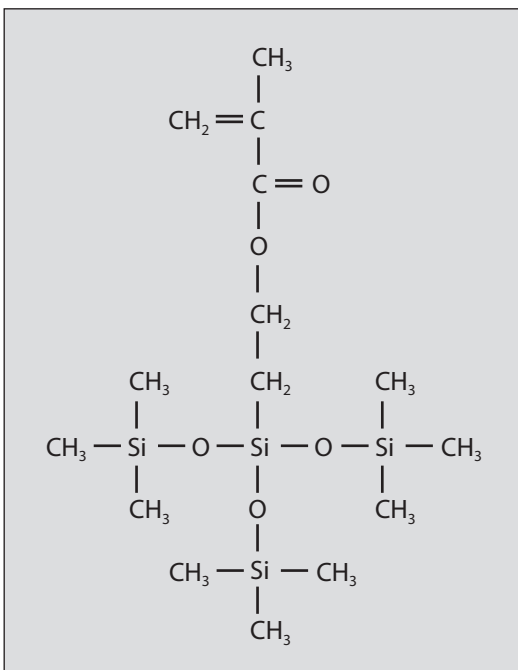


Obr. 4 Kys. methakrylová

zlepšují botnací a v důsledku toho i transportní vlastnosti materiálu, nejvíce pak rovnovážný obsah vody a propustnost materiálu pro kyslík (viz kapitola 4.1.4). Kromě kopolymerů HEMA se můžeme setkat i s kopolymerem N-vinylpyrrolidonu, glycerolmethakrylátu či akrylamidů. Jedním z úspěšných hydrogelových materiálů je i polyvinylalkohol (PVA). [11, 12]

3.2 Silikonhydrogely

První silikonhydrogelový materiál byl na světový trh uveden v roce 1998. Jde o opticky homogenní materiál, který je tvořen dvěma strukturami – hydrofóbní (silikonovou) a hydrofilní (hydrogelovou). Tyto struktury jsou vzájemně propojené a zajišťují vysokou propustnost pro



Obr. 5 TRIS struktura

kyslík díky vazbám Si – O, které jsou volně otáčivé. Silikonhydrogelové materiály lze podle jejich vývoje v čase rozdělit do tří generací. Zástupci první generace silikonhydrogelů jsou např. materiály balafilcon A a lotrafilcon A. Balafilcon A vzniká kopolymerizací N-vinylpyrrolidonu s TPVC (karbamátem substituovaná TRIS struktura). TRIS struktura (na obr. 5 substituovaná methakrylátem) zajišťuje propustnost pro kyslík, ale zároveň obsahuje krátké siloxanové vazby spolu s objemnými substituenty, které zvyšují tuhost materiálu. V materiálu lotrafilcon A dochází ke kopolymerizaci flouroetheru, TRIS a N,N-dimethylakrylamidu (DMA). Hlavními nevýhodami první generace silikonhydrogelů je nutnost

dodatečných povrchových úprav kvůli nestejněměrné smáčivosti povrchu, nižší obsah vody a již zmíněná vyšší tuhost.

Druhá generace silikonhydrogelů je zastoupena materiály lotrafilcon B a galyfilcon A. Hlavním znakem těchto materiálů je vyšší zastoupení hydrofilní složky (zvýšený obsah vody) a v důsledku toho nižší modul pružnosti. U materiálu galyfilcon A dokonce nebylo nutno provádět dodatečné povrchové úpravy.

Třetí generace silikonhydrogelů vstupuje na světový trh v roce 2006. Místo TRIS struktury jsou základem materiálu delší polysiloxanové řetězce, které mají přímo ve své struktuře obsaženy funkční skupiny, které zvyšují jejich afinitu k vodě, a proto není potřeba dodatečná povrchová úprava ani zvlhčující činidlo. Tato generace je reprezentována materiály comfilcon A a enfilcon A. [13]

3.3 HyperGel

Tento relativně nový materiál na bázi hydrogelu byl uveden na český trh v roce 2014. Jde o složitý kopolymer bez obsahu silikonu, jehož základní stavební kostru tvoří tři monomery – HEMA, NVP a 2-hydroxy-4-terc.butylcyklohexylmethakrylát, jako síťovadlo je zde pro methakrylátové monomery použit ethylendimethakrylát (EDMA) a allylmethakrylát pro NVP. HyperGel obsahuje ve své struktuře také UV blokátor, který brání možnosti vniknutí škodlivého UV záření do oka. Inspirací pro vývoj tohoto materiálu byly principy fungující v přírodě – v tomto případě fyziologie a funkce lidského oka. První bioinspirace spočívá v napodobení lipidové vrstvy slzného filmu – na plochách čočky z hypergelu je povrchově aktivní látka, která brání osychání a čočka si tak zachovává své vlastnosti po celou dobu aplikace. Druhou bioinspirací je 78% obsah vody v kontaktní čočce – množství shodné s hodnotou uváděnou pro lidskou rohovku, které zajišťuje přirozené zvlhčení povrchu oka. Třetí bioinspirací je vysoká hodnota propustnosti materiálu nesofilcon A pro kyslík, a to i bez použití silikonových složek – hodnota $Dk = 42$. [14]

4 PARAMETRY KONTAKTNÍCH ČOČEK

Prostředí lidského oka klade velmi vysoké nároky na vlastnosti kontaktních čoček. Všechny materiály, ze kterých jsou kontaktní čočky vyrobeny, musí splňovat následující základní požadavky:

- biologická nezávadnost
- hydrolytická stálost
- prakticky nulová toxicita
- vhodná aplikace s dostatečnou možností vratné decentrace čočky
- udržení stabilního slzného filmu
- dostatečná propustnost kyslíku pro funkci správného metabolismu rohovky
- transparentnost zajišťující dokonalé a stabilní vidění [1, 2, 9]

Výše zmíněné základní požadavky naplňují kontaktní čočky kombinací svých materiálových a tvarových parametrů.

4.1 Vybrané materiálové parametry kontaktních čoček

4.1.1 Optické vlastnosti

Index lomu

Index lomu je základní veličinou charakterizující libovolné optické prostředí. Udává se jako poměr rychlosti světla ve vzduchu a v daném prostředí [15].

Index lomu kontaktní čočky se měří pomocí přístroje nazývaným Abbého refraktometr. Pro dosažení přesnosti je důležité provádět měření při teplotě 20 °C. U kontaktních čoček by se index lomu materiálu měl co nejvíce blížit indexu lomu rohovky, což je 1,376, aby docházelo k co nejmenšímu počtu lomů a následnému odchylení paprsků vstupujících do oka. [1, 10]

U hydrogelových kontaktních čoček souvisí hodnota indexu lomu s obsahem vody v materiálu. Platí, že čím vyšší je rovnovážný obsah vody v kontaktní čočce, tím nižší je hodnota indexu lomu. Pro standardní PHEMA je index lomu roven hodnotě 1,438. U kontaktních čoček s obsahem vody 20% se hodnota indexu lomu pohybuje mezi 1,46 a 1,48. Při 75% obsahu vody klesá index lomu na hodnoty 1,37–1,38. [11]

4.1.2 Botnací vlastnosti

Rovnovážná botnavost

Rovnovážná botnavost je důležitou veličinou popisující hydrogelové materiály. Hydrogely botnají po namočení do vody nebo do fyziologického roztoku vždy do určité míry v závislosti na typu materiálu a hustotě polymerní sítě. Standardní hydrogely mohou botnat do 40 %, výšebotnavé materiály až do 80 %, silikonhydrogely dosahují rovnovážné botnavosti 20–50 %. Po dosažení rovnovážného stavu je čočka plně hydratována. Botnání gelu může být ovlivněno vlastnostmi botnadla – teplotou, pH nebo tonicitou roztoku. S rostoucím rovnovážným obsahem vody v materiálu se zlepšují jeho transportní vlastnosti, a to především propustnost pro kyslík a nízkomolekulární látky. Naopak klesá index lomu a mění se mechanické vlastnosti materiálu – klesají hodnoty tažnosti, pevnosti a modulu pružnosti (viz kapitola 4.1.3 Mechanické vlastnosti). Tím se čočka stává náchylnější k mechanickým poškozením. [10]

Rovnovážný obsah vody lze určit refraktometrem, přepočtem z měření indexu lomu. Dalším způsobem stanovení obsahu vody v gelu je vážení vzorku (čočky) v suchém a zbotnalém stavu. Pro výpočet se poté použije vztah: [16]

$$\% \text{H}_2\text{O} = \frac{m_b - m_s}{m_b} \times 100 \quad (1)$$

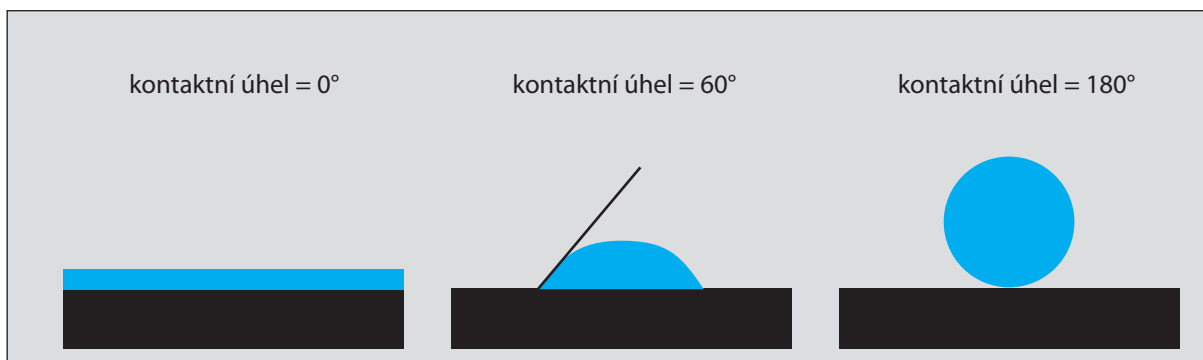
kde je m_b hmotnost kontaktní čočky ve zbotnalém stavu

m_s hmotnost kontaktní čočky v suchém stavu

Smáčivost

Smáčivost je vlastností povrchu kontaktních čoček. Výrazně ovlivňuje komfort nošení a snášenlivost kontaktních čoček v oku. U hydrogelových čoček smáčivost úzce souvisí s botnavostí materiálu, pokud není čočka modifikována některou z povrchových úprav. Vhodnou smáčivostí materiálu kontaktní čočky je zajištěno souvislé rozptření slzného filmu na povrchu oka v době mezi dvěma mrknutími. Naopak, nestejněměrná nebo nedostatečná smáčivost vede k rychlejšímu ukládání depozit na povrchu čočky (a tím ke zhoršení optických vlastností čočky), ale také ke zvýšenému tření mezi tarzální spojivkou horního víčka a povrchem čočky, což může působit mechanické dráždění spojivky a následnou gigantopapilární konjunktivitidu (CLPC). [17]

Smáčivost je dána kontaktním úhlem. Pokud se kapka vody plně rozptře na pevném povrchu, je kontaktní úhel 0° (čočka je plně smáčivá), pokud kapka vytvoří na povrchu kuličku, je kontaktní úhel 180° (obr. 6). Povrch materiálů silikonhydrogelových čoček je méně smáčivý než povrch konvenčních hydrogelových materiálů, tzn., že kontaktní úhel je větší [18].



Obr. 6 Kontaktní úhel

4.1.3 Mechanické vlastnosti

Mechanické vlastnosti hydrogelových materiálů jsou velmi důležité, neboť jsou přímo spjaté s komfortem nošení kontaktních čoček, s fyziologickým dopadem na rohovku, a dále ovlivňují odolnost kontaktních čoček a možnosti manipulace s nimi. [19]

Mezi mechanické vlastnosti řadíme pevnost, tažnost, modul pružnosti a strukturní pevnost.

Pevnost

Pevnost je definována jako napětí materiálu při přetržení. Výpočet je dán vzorcem: [10]

$$\sigma_p = \frac{F}{S_0} \quad (2)$$

kde je F maximální hodnota síly
 S_0 průřez plochy materiálu

Tažnost

Tažnost definujeme jako maximální protažení při přetržení (deformaci při přetržení). Odpovídá nejvyšší hodnotě protažení, kdy je materiál schopen se vrátit do původního stavu. Vyšší hodnota tažnosti zajišťuje kontaktní čočky delší životnost.

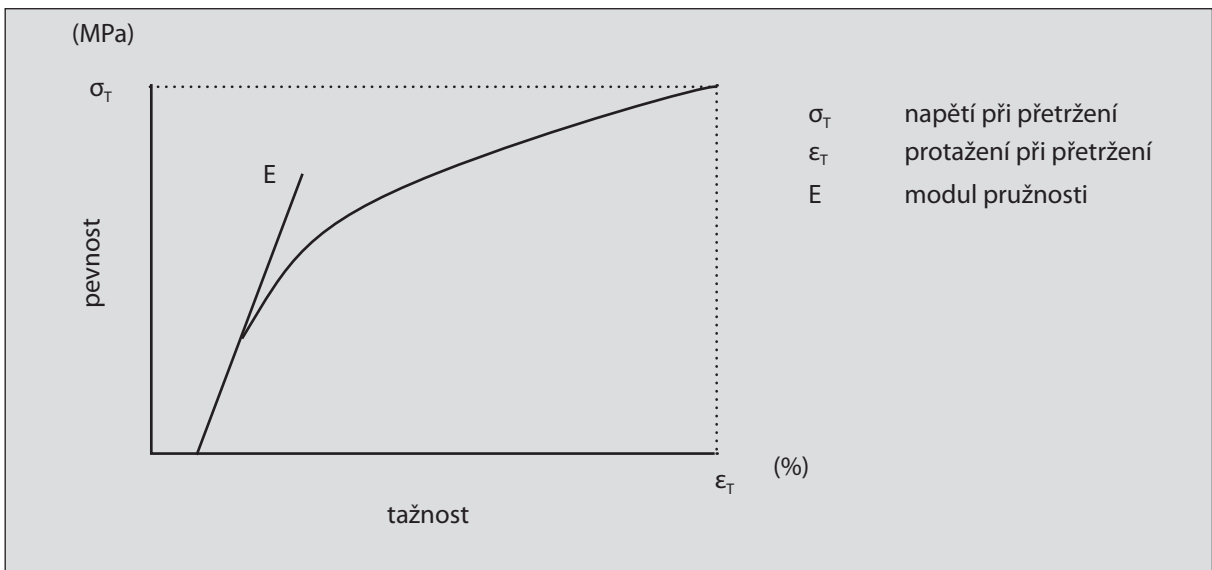
Deformace, neboli relativní prodloužení, je dáno vztahem: [9]

$$\varepsilon = \frac{l - l_0}{l_0} \times 100 \quad (3)$$

kde je ε relativní prodloužení [%]
 l délka zkušebního tělíska po prodloužení
 l_0 původní délka zkušebního tělíska

Modul pružnosti

Modul pružnosti (Youngův modul, modul elasticity) popisuje odolnost materiálu vůči deformaci. Obecně silikonhydrogelové kontaktní čočky mají vyšší hodnotu modulu pružnosti než hydrogely. Díky této vyšší hodnotě je čočka pevnější, lépe drží svůj tvar, což usnadňuje



Obr. 7 Tahová křivka, modul pružnosti

manipulaci i aplikaci. Přílišná tuhost okrajů čočky může naopak způsobovat mechanické dráždění rohovky a následný diskomfort nošení. Modul pružnosti souvisí s botnacími vlastnostmi materiálu – s rostoucím obsahem vody se modul pružnosti snižuje. Modul elasticity je vyjádřen jako směrnice tahové křivky v její počáteční přímkové části (obr. 7).

Vztah pro výpočet modulu pružnosti:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (4)$$

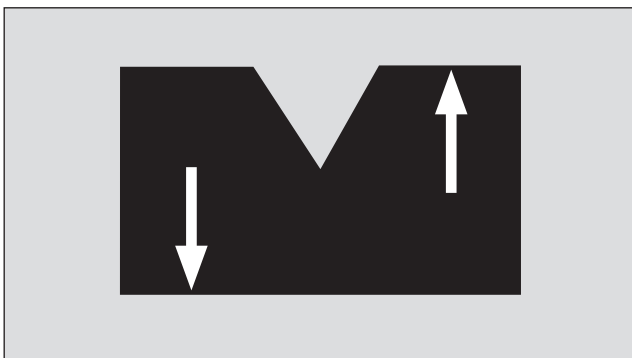
kde je σ napětí

ε relativní prodloužení

Hodnoty modulu pružnosti se u standardních hydrogelových čoček pohybují v rozmezí 0,5 až 0,6 MPa, u výšebotnavých hydrogelů mezi 0,25 a 0,4 MPa, silikonhydrogely 1. generace mají modul elasticity vyšší (1,1–1,2 MPa) a současná 3. generace silikonhydrogelů se pohybuje v rozmezí 0,5–0,75 MPa. [16]

Strukturní pevnost

Strukturní pevnost je odolnost materiálu vůči šíření již vzniklé trhliny. Tato vlastnost se měří tzv. kalhotkovým testem (obr. 8) [18].



Obr. 8 Kalhotkový test

4.1.4 Transportní vlastnosti

Propustnost materiálu pro kyslík (permeabilita)

Dostatečné zásobení kyslíkem je pro rohovku oka nezbytným předpokladem funkčního metabolismu. Kornea je pod kontaktní čočkou zásobena kyslíkem třemi způsoby:

- ze vzduchu, tzn. difuzí přes čočku
- slznou pumpou, tj. při pohybu čočky při mrkání
- cévami ve spojivce a na limbu

Schopnost materiálu propouštět kyslík je dána difuzním koeficientem, v praxi je zavedena veličina permeační koeficient (permeabilita), která vyjadřuje konstantu úměrnosti mezi množstvím hmoty převedeným jednotkou plochy za jednotku času a koncentračním spádem podle vztahu [18]:

$$\frac{m}{A \cdot t} = P \frac{\Delta c}{L} \quad (5)$$

kde m množství látky
 A plocha
 t čas
 $\Delta c/L$ koncentrační spád

V kontaktologii se pro označení permeability vžilo označení D_k . Písmeno D označuje difuzivitu – míru, jak rychle je kyslík schopen se pohybovat materiálem, písmeno k vyjadřuje solubilitu – jaké množství kyslíku je materiál schopen pojmout.

Permeabilita kyslíku hydrogelových materiálů je úzce spjata s rovnovážným obsahem vody. Je to veličina závislá na teplotě, její hodnota roste se zvyšující se teplotou. Měření se provádí za teploty vzduchu 35 °C. Jednotkou D_k je Barrer, která je definována jako [20]:

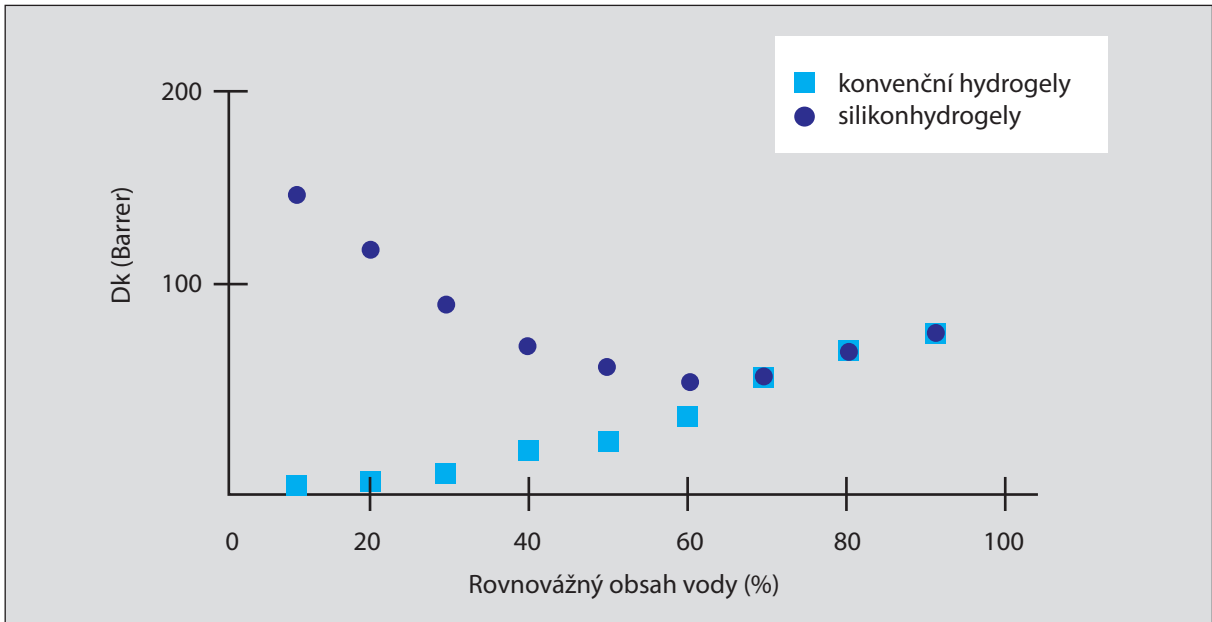
$$D_k \text{ (Barrer)} = 10^{-11} (\text{cm}^2 \times \text{mlO}_2) / (\text{s} \times \text{ml} \times \text{mmHg}) \quad (6)$$

Závislost permeability kyslíku na množství vody obsažené v hydrogelových a silikonhydrogelových kontaktních čočkách je vyjádřena na obr. 9.

Transmisibilita

Transmisibilita (D_k/t nebo D_k/L) vyjadřuje schopnost konkrétní čočky propouštět kyslík a zahrnuje faktor tloušťky čočky. Její hodnota se stanovuje obvykle pro kontaktní čočku o optické mohutnosti -3 D. Číselné hodnoty uváděné v literatuře jsou vztaženy ke tloušťce vrstvy 1 cm, tzn [20]:

$$D_k/t \text{ (Barrer/cm)} = 10^{-9} (\text{cm} \times \text{mlO}_2) / (\text{s} \times \text{ml} \times \text{mmHg}) \quad (7)$$



Obr. 9 Závislost permeability kyslíku na rovnovážném obsahu vody

Kontaktní čočka s hodnotou $Dk/t = 94 \times 10^{-9}$ dovoluje stejný průchod kyslíku jako vrstva vody silná 0,1 mm.

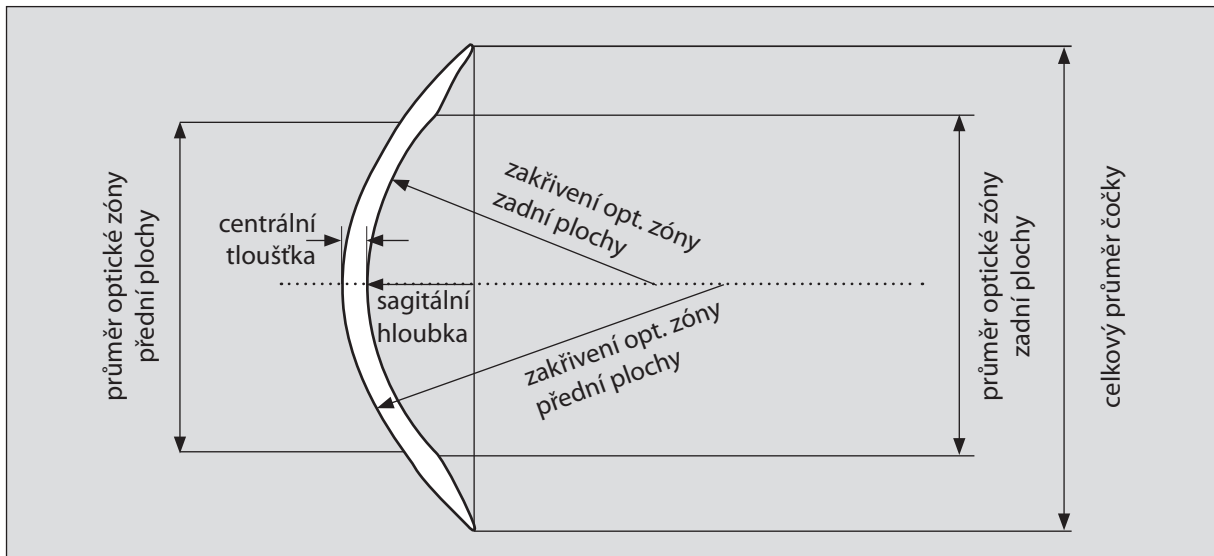
4.2 Tvarové parametry kontaktních čoček

Tvarové parametry vycházejí z geometrické konstrukce kontaktních čoček. Každou kontaktní čočku charakterizují 2 plochy – přední (vnější) a zadní (vnitřní). Přední plocha slouží především k dosažení požadovaného optického účinku čočky, zadní plocha je vytvořena hlavně k přizpůsobení se tvaru oční rohovky. Zadní plocha kontaktní čočky může mít rotačně symetrický, či asymetrický tvar; obě dvě plochy mohou být jak sférické, tak i asférické. [9]

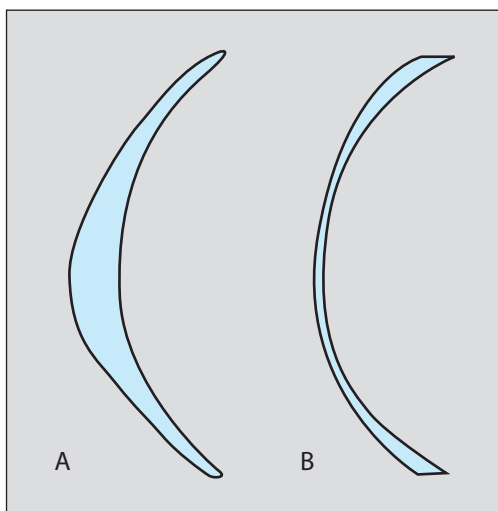
Základní tvarové parametry popisující kontaktní čočku jsou (obr. 10):

- celkový průměr
- průměr optické zóny
- zakřivení vnitřní plochy
- sagitální hloubka
- středová tloušťka (tloušťkový profil)

Rozdílná konstrukce kontaktních čoček s plusovou a minusovou optickou mohutností je zachycena na obr. 11.



Obr. 10 Základní tvarové parametry kontaktní čočky



Obr. 11 Základní tvar plusové (A) a mínusové (B) kontaktní čočky

4.2.1 Průměr

Určujícím faktorem pro výběr správného průměru kontaktní čočky je celkový průměr rohovky. U sférických kontaktních čoček by měl být jejich průměr nejméně o jeden a nejvíce o dva milimetry větší než maximální průměr rohovky. Platí, že průměr čočky by měl být malý tak, jak jen je to možné, a velký tolik, kolik je nezbytné [9]. Příliš malý průměr kontaktní čočky způsobí její větší pohyblivost na oku a diskomfort spojený s pocitem vnímání cizího tělíska a diskomfort spojený s pocitem vnímání cizího tělíska a diskomfort spojený s pocitem vnímání cizího tělíska a diskomfort spojený s pocitem vnímání cizího tělíska

při vyšetření na šterbinové lampě po předchozím obarvení rohovky fluoresceinem [21].

Sériová výroba produkuje v dnešní době měkké kontaktní čočky v průměrech od 13 do 15 mm. Protože jsou ale jednotlivé značky kontaktních čoček vyráběny většinou jen v jednom průměru, náprava při aplikaci nesprávného průměru není možná. Nutností bývá aplikace jiného typu (značky) čoček. Průměr kontaktních čoček se měří na analyzátoru, který využívá zvětšení a optické projekce.

4.2.2 Průměr optické zóny

Průměr zornice lidského oka se pohybuje mezi 3 a 8 mm v závislosti na světelných podmínkách, akomodaci oka a věku. Proto také průměr optické zóny běžné kontaktní čočky by měl měřit

minimálně 8 mm. U většiny měkkých kontaktních čoček platí, že průměr optické zóny je cca o 4 až 5 mm menší než celkový průměr čočky. [22]

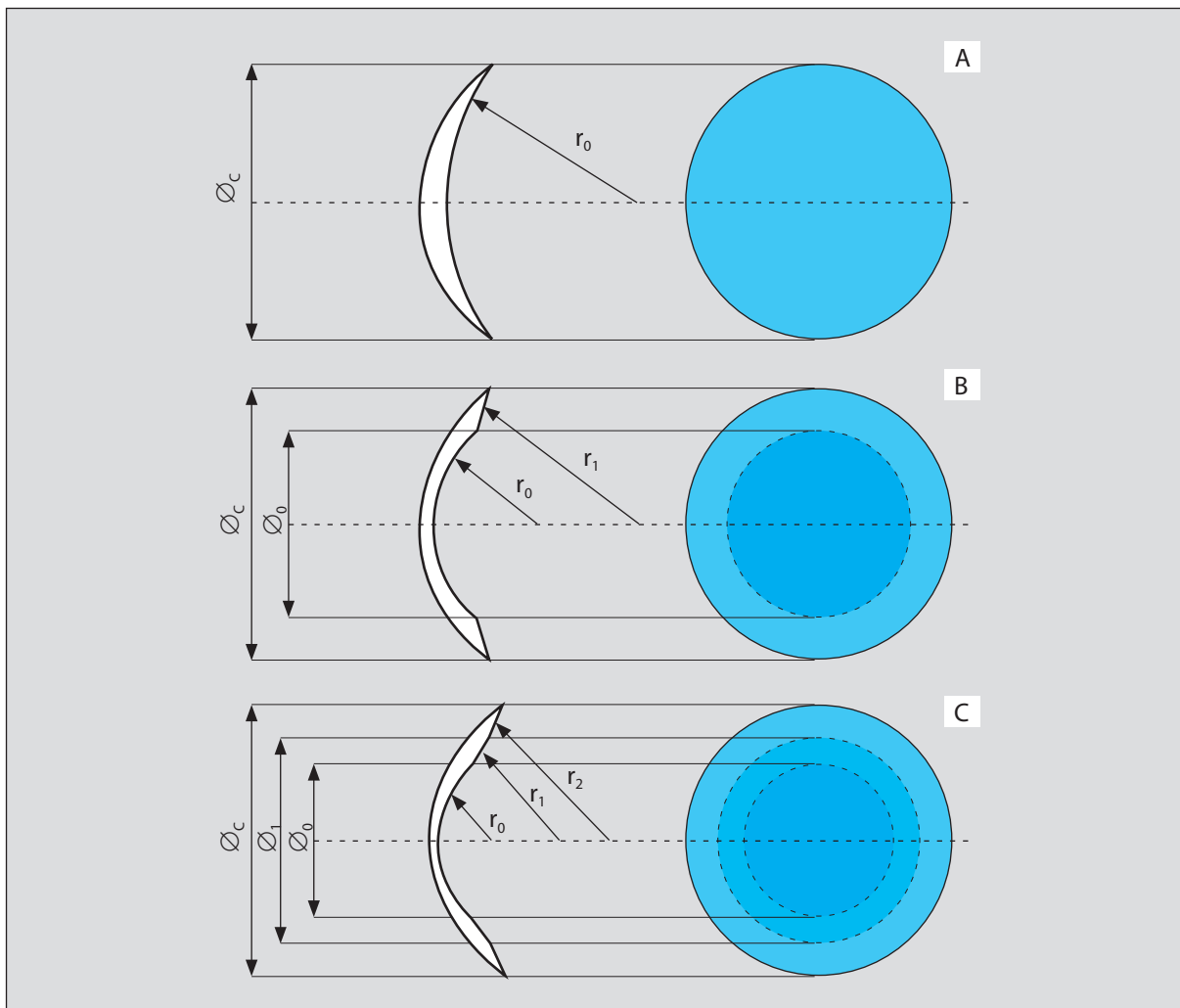
Pomocí změny velikosti průměru optické zóny čočky lze při zachování stejné optické mohutnosti optimalizovat tloušťku kontaktní čočky.

4.2.3 Zakřivení vnitřní plochy

Vnitřní plocha kontaktní čočky může mít sférický, či asférický tvar. Všechny body na sférické (kulové) ploše mají stejnou vzdálenost od středu otáčení, která je rovna poloměru sférické plochy. Asférická plocha je charakterizována poloměrem zakřivení měnícím se plynule od středu otáčení k okraji plochy.

Podle počtu sférických zón nacházejících se na vnitřní ploše sférické kontaktní čočky můžeme tyto čočky rozdělit na:

- jednokřivkové – vnitřní plocha čočky má jednu základní křivku (jeden poloměr zakřivení)
- dvoukřivkové – okraj vnitřní plochy čočky má jiný poloměr zakřivení než centrální optická část



Obr. 12 Konstrukce jednokřivkové (A), dvoukřivkové (B) a vícekřivkové (C) kontaktní čočky

- vícekřivkové – periferie vnitřní plochy čočky je tvořena větším počtem poloměrů zakřivení (různých od základní křivky v optické části) [9] (obr. 12)

Asférické kontaktní čočky mají jednu z ploch – ať už přední nebo zadní – v optické zóně asférickou. Pokud má čočka obě plochy asférické, říkáme, že je biasférická.

V praxi se u hydrogelových čoček volí zakřivení vnitřní plochy (back central optic radius, BCOR) o cca 1 mm větší, než je zakřivení dané rohovky [23]. Podle Müllerové je vodítkem pro výběr ideálního zakřivení vnitřní plochy hydrogelové kontaktní čočky vztah mezi celkovým průměrem kontaktní čočky a poloměrem rohovky klienta, viz tabulka 1 [9].

Tab. 1 Vztah mezi průměrem KČ a velikostí rohovky pro výpočet ideálního BCOR při aplikaci hydrogelové KČ

| Ø KČ [mm] | BCOR [mm] |
|-----------|------------------------|
| 13,00 | $r_r + 0,5 \text{ mm}$ |
| 13,50 | $r_r + 0,7 \text{ mm}$ |
| 14,00 | $r_r + 0,9 \text{ mm}$ |
| 14,50 | $r_r + 1,2 \text{ mm}$ |

KČ – kontaktní čočka; BCOR – zakřivení optické zóny zadní plochy kontaktní čočky; r_r – poloměr rohovky

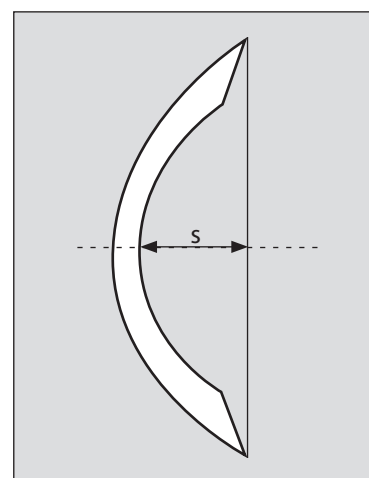
Kontaktní čočky vyrobené ze silikonhydrogelových materiálů mají odlišné materiálové vlastnosti, většinou se od hydrogelových liší vyšším modulem pružnosti a nižším obsahem vody. Protože ale v současnosti existuje velká variabilita těchto parametrů u jednotlivých výrobců, nelze pravidla pro výběr ideálního zakřivení zadní plochy kontaktní čočky vyrobené ze silikonhydrogelového materiálu stanovit obecně. V každém případě s rostoucí tuhostí materiálu (s rostoucí hodnotou modulu pružnosti) by bylo vhodné rozšířit škálu základních zakřivení zadní plochy a průměrů čoček.

Zakřivení zadní plochy kontaktních čoček se dá měřit analyzátozem měkkých kontaktních čoček, radiuskopem (mikrosférometrem), nebo pomocí upraveného keratometru.

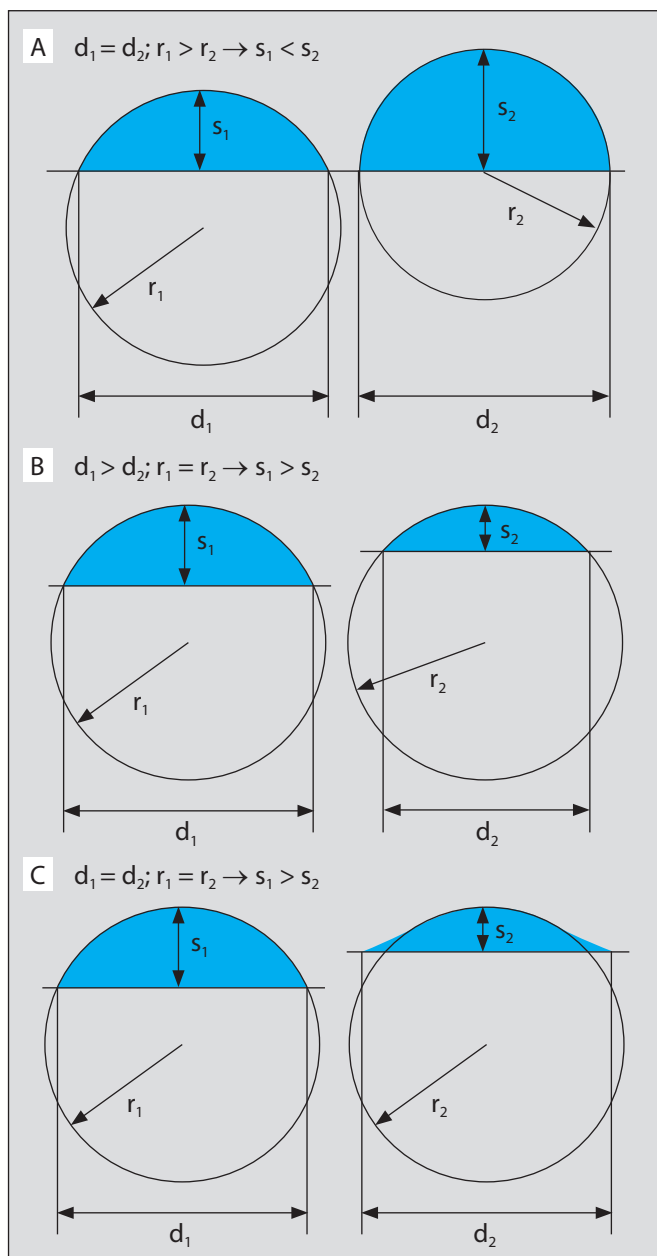
4.2.4 Sagitální hloubka

Sagitální hloubka (výška, sagita) je definována jako kolmá vzdálenost středu zadní plochy kontaktní čočky od roviny spojující její okraje (obr. 13).

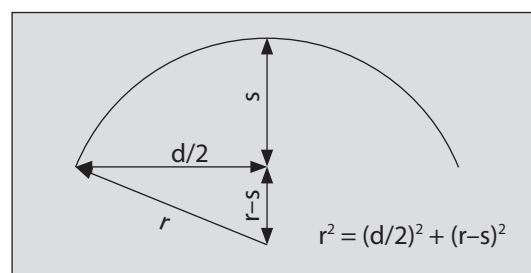
Sagitální hloubka je závislá na celkovém průměru, zakřivení a celkové geometrii zadní plochy čočky. Tato závislost je schematicky zachycena na obr. 14. Sagitální hloubka roste se snižujícím se zakřivením zadní plochy čočky při neměnném průměru (obr. 14A). Naopak, sagitální hloubka se sníží, pokud se při daném zakřivení zmenší celkový průměr čočky (obr. 14B).



Obr. 13 Sagitální hloubka kontaktní čočky



Obr. 14 Velikost sagitální hloubky kontaktních čoček v závislosti na základní křivce, celkovém průměru a geometrii zadní plochy. d – průměr; r – základní křivka; s – sagitální hloubka



Obr. 15 Grafické znázornění výpočtu sagitální hloubky

Při neměnném průměru i zakřivení se sagitální hloubka sníží, pokud se kontaktní čočka oploští v periferii (obr. 14C). [9]

Pokud je dán celkový průměr čočky a známe zakřivení její vnitřní plochy, dá se sagitální hloubka vypočítat podle matematického vztahu na základě Pythagorovy věty: (obr. 15)

$$r^2 = (r-s)^2 + (d/2)^2 \quad (8)$$

kde r poloměr vnitřní plochy kontaktní čočky

s sagitální hloubka

d celkový průměr kontaktní čočky

Tento vztah se používá pro výpočet sagitální hloubky u sférických čoček, pokud je zadní plocha asférická, předpokládané zakřivení vnitřní plochy se označuje jako „sféricky ekvivalentní“. Reálná měření sagitální hloubky kontaktních čoček od různých výrobců ukazují, že pouhý údaj

o zakřivení zadní plochy je k popisu sagity nedostatečný. Rozhodující vliv na správné usazení a přizpůsobení se čočky na oku mají i další faktory. Z pohledu kontaktní čočky to je především celkový průměr čočky a její materiálové vlastnosti (zmíněné v předchozích kapitolách), ale také například design formy, která je při výrobě metodou cast molding použita. Z anatomického pohledu má svůj význam celkový tvar a velikost oční rohovky, ale svou roli hraje také tloušťka oční koule v oblasti korneosklerálního přechodu. [24]

Výzkum z roku 1979 poukázal na skutečnost, že měření zakřivení centrální části lidské rohovky je samo o sobě nedostatečnou metodou k určení základní křivky odpovídající kontaktní čočky. Keratometrem jsme schopni změřit pouze výseč rohovky v průměru 3 mm, ale průměr měkkých kontaktních čoček se pohybuje od 12 do 16 mm a pro správnou funkčnost kontaktní čočky na oku je nezbytné, aby se přizpůsobila rohovce po celém jejím povrchu. [25]

Důležitou vlastností lidské rohovky je její asféricita. Rohovka se od svého vrcholu k periferii oplošťuje a míra oploštění je u každého oka jiná. Oploštění rohovky udává veličina zvaná excentricita (tvarový faktor rohovky) a její hodnota má vliv na velikost sagitální výšky rohovky.

Vzorec pro výpočet sagitální výšky rohovky, který zahrnuje excentricitu rohovky: [26]

$$S = \frac{r - \sqrt{r^2 - p \cdot (d/2)^2}}{p} \quad (9)$$

kde r zakřivení rohovky na jejím vrcholu

d průměr rohovky

p tvarový faktor; $p = 1 - e^2$

e excentricita

V roce 1986 provedli Guillon a spol. měření, na jejichž základě stanovili klinický model lidské rohovky. Centrální zakřivení průměrné lidské rohovky je v nejplošším meridiánu 7,85 mm ($\pm 0,25$ mm), průměrný tvarový faktor rohovky je 0,85 ($\pm 0,15$) a průměr rohovky je 12,89 mm ($\pm 0,6$ mm). Po dosazení průměrných hodnot podle modelu do vzorce (9) vychází, že průměrná sagitální výška rohovky je 3,20 mm. Sagitální výška roste se strmějším zakřivením rohovky, s rostoucím tvarovým faktorem a se zvětšujícím se průměrem rohovky. Dále je zřejmé, že na velikost sagitální výšky mají větší vliv změny tvarového faktoru a průměru rohovky než změna centrálního zakřivení. Velikost sagitální výšky rohovky v závislosti na průměru, tvarovém faktoru a zakřivení rohovky u běžné populace ukazuje tabulka 2. Při výběru správné kontaktní čočky musí být její sagitální hloubka větší, než je sagitální výška odpovídající rohovky. Příliš těsná aplikace může být zapříčiněna nepatříčně velkou sagitální hloubkou kontaktní čočky oproti rohovce a naopak, u volné aplikace může být sagitální hloubka kontaktní čočky v porovnání s rohovkou neadekvátně malá. Například u kontaktní čočky s celkovým průměrem 14 mm se změna v zakřivení o 0,4 mm projeví změnou sagitální hloubky o 0,3 mm [26].

Sagitální hloubka je důležitým parametrem pro výběr ideální kontaktní čočky pro dané oko. Kontaktní čočky daného průměru by měly aplikujícím nabízet přiměřený rozsah sagitálních hloubek tak, aby optimálně pokryly parametry rohovek různých klientů. Kontaktní čočky

Tab. 2 Sagitální výška rohovky u běžné populace (podle Younga, 1992)

| Sagitální výška rohovky (mm) | | | | | | | | |
|------------------------------|-----------|----------------------------------|------|------|------|------|------|----------------|
| Cdiam (mm) | HVID (mm) | Centrální zakřivení rohovky (mm) | | | | | | Tvarový faktor |
| | | 7,40 | 7,60 | 7,80 | 8,00 | 8,20 | 8,40 | |
| 14 | 12,82 | 4,11 | 3,94 | 3,78 | 3,64 | 3,52 | 3,40 | 0,7 |
| | | 4,45 | 4,22 | 4,02 | 3,85 | 3,70 | 3,56 | 0,85 |
| | | 5,00 | 4,64 | 4,36 | 4,13 | 3,93 | 3,76 | 1,0 |
| 13,5 | 12,27 | 3,74 | 3,59 | 3,46 | 3,33 | 3,22 | 3,12 | 0,7 |
| | | 4,00 | 3,81 | 3,64 | 3,50 | 3,37 | 3,24 | 0,85 |
| | | 4,37 | 4,11 | 3,89 | 3,71 | 3,54 | 3,40 | 1,0 |
| 13 | 11,73 | 3,40 | 3,27 | 3,15 | 3,05 | 2,95 | 2,85 | 0,7 |
| | | 3,60 | 3,44 | 3,30 | 3,18 | 3,06 | 2,96 | 0,85 |
| | | 3,86 | 3,66 | 3,49 | 3,34 | 3,20 | 3,08 | 1,0 |
| 12,5 | 11,18 | 3,09 | 2,98 | 2,87 | 2,78 | 2,69 | 2,61 | 0,7 |
| | | 3,24 | 3,11 | 2,99 | 2,88 | 2,78 | 2,69 | 0,85 |
| | | 3,44 | 3,28 | 3,13 | 3,01 | 2,89 | 2,79 | 1,0 |
| 12 | 10,63 | 2,80 | 2,71 | 2,61 | 2,53 | 2,45 | 2,40 | 0,7 |
| | | 2,92 | 2,81 | 2,71 | 2,61 | 2,53 | 2,45 | 0,85 |
| | | 3,07 | 2,94 | 2,82 | 2,71 | 2,61 | 2,52 | 1,0 |
| 11,5 | 10,10 | 2,54 | 2,45 | 2,37 | 2,30 | 2,23 | 2,16 | 0,7 |
| | | 2,63 | 2,53 | 2,45 | 2,36 | 2,29 | 2,22 | 0,85 |
| | | 2,74 | 2,63 | 2,53 | 2,44 | 2,35 | 2,28 | 1,0 |

vyráběné metodou soustružení toto splňují širokou možností výběru zakřivení zadní plochy. Kontaktní čočky vyráběné v současnosti nejvyužívanější metodou lití do forem však tento požadavek nesplňují. V daném průměru mají hodnoty sagitálních hloubek velmi podobné. [25]

4.2.5 Středová tloušťka, tloušťkový profil

Středová tloušťka kontaktních čoček je důležitým parametrem, který ovlivňuje manipulaci s čočkami, ale především jsou na něm závislé i transportní parametry, zejména transmisibilita, propustnost konkrétní čočky pro kyslík. Středovou i okrajovou tloušťku čočky ovlivňují i botnací vlastnosti materiálů. Hydrogelové kontaktní čočky s rovnovážným obsahem vody kolem 50% jsou vyráběny se středovou tloušťkou odpovídající hodnotám 0,06–0,10 mm. Čočky s vyšším obsahem vody (60%) mají středovou tloušťku v rozmezí 0,10–0,18 mm. Tloušťkový profil v optické zóně je ovlivněn optickou mohutností čočky. Jak bylo uvedeno v kap. 4.2.2, lze ho vhodně zvoleným průměrem optické zóny optimalizovat. Tloušťkový profil čočky závisí na celkové konstrukci čočky – zda jde o čočku spojnou či rozptylnou a zda je tvar čočky sférický či asférický. Rozdílná tloušťka čoček v jednotlivých částech je typická pro čočky torické, které využívají ke stabilizaci na oku tzv. prizmatický balast. Při výrobě se středová tloušťka kontaktních čoček průběžně měří a kontroluje, podle normy EN ISO 18369-2:2006 jsou povoleny odchylky v závislosti na velikosti středové tloušťky (tab. 3). Okrajová

Tab. 3 Povolené odchylky středové tloušťky kontaktních čoček podle normy EN ISO 18369-2:2006

| Středová tloušťka (mm) | Odchylka (mm) |
|-------------------------------|----------------------|
| 0,035 | ± 0,014 |
| 0,070 | ± 0,017 |
| 0,150 | ± 0,023 |
| 0,300 | ± 0,030 |

tloušťka čoček a celkový design periferie jsou dalšími důležitými parametry, které mohou ovlivňovat komfort nošení – navzdory očekávání mohou čočky se silnějšími okraji vykazovat volnější aplikaci oproti čočkám s tenčími okraji, i když je jejich celkový design shodný. [9, 11]

4.2.6 Rozdíly tvarových parametrů u sférických a asférických kontaktních čoček

Asférické kontaktní čočky, stejně tak jako všechny asférické optické plochy, redukují svou konstrukcí sférickou aberaci (otvorovou vadu), což je aberace vyššího řádu, která se vyskytuje při zobrazování optickými systémy a která má největší podíl na rozmazání vnímaného obrazu. Tím, že se u asférických čoček jejich okraje zplošťují, dochází k lepšímu perifernímu zobrazení. Asférický design čoček může pomoci k lepší zrakové ostrosti při zhoršených světelných podmínkách (šero, mlha), kdy dochází k rozšíření zornice oka, při činnostech, kdy dochází k rychlému zaostřování na různé vzdálenosti (sport) nebo u začínající presbyopie při práci do blízka. Stejně tak se dají asférickými čočkami korigovat nízké hodnoty astigmatismu a vysoká hypermetropie. [27, 28]

Použitím asférické plochy se dá rozšířit optická zóna čočky, snížit její středová tloušťka u plusových a okrajová tloušťka u minusových dioptrických hodnot, nebo snížit velikost sagitální hloubky čočky. Asférického designu se též využívá při výrobě multifokálních kontaktních čoček k plynulému přechodu mezi jednotlivými dioptrickými hodnotami uspořádanými od středu čočky k periférii.

5 TVAROVÉ PARAMETRY KOMERČNĚ VYRÁBĚNÝCH KONTAKTNÍCH ČOČEK V ČR

V následující tabulce 4 je vytvořen přehled sériově vyráběných měkkých kontaktních čoček, které jsou momentálně dostupné na trhu v České republice, a jejich vybraných parametrů. Čočky jsou rozděleny do tří velkých skupin podle základního designu – sférické, torické a multifokální. Jednotlivé skupiny jsou dále děleny podle výrobců. Hlavními výrobci (distributory), jejichž kontaktní čočky jsou dostupné na českém trhu, jsou společnosti Johnson&Johnson, Alcon, CooperVision a Bausch+Lomb. Čočky těchto firem jsou zastoupeny ve všech výše uvedených skupinách. Dalšími výrobci, jejichž čočky jsou dostupné v minimálně jedné z uvedených kategorií, jsou TopVue, Menicon, Willens, Carl Zeiss a ClearLab.

Sférické čočky se používají výhradně ke korekci refrakčních vad krátkozrakosti (myopie) a dalekozrakosti (hypermetropie). U těchto čoček je uveden název materiálu, ze kterého jsou čočky vyrobeny, a dále rovnovážný obsah vody a Dk jako vybrané parametry uvedeného materiálu. Z tvarových vlastností je zmíněna středová tloušťka čočky, průměr a zakřivení zadní plochy čočky. Tyto údaje jsou doplněny o škálu dioptrií, ve které jsou jednotlivé typy čoček nabízeny.

Torické čočky korigují rohovkový astigmatismus. Základním požadavkem, který tento typ čoček musí splňovat, aby účelně korigoval nepravidelně zakřivenou rohovku, je stabilita na oku. V současnosti existují různé stabilizační mechanismy, díky kterým se výrobci čoček snaží tento požadavek splňovat. Kromě základních parametrů (název materiálu, obsah vody, Dk, průměr a základní křivka) jsou tyto mechanismy u jednotlivých typů těchto čoček zmíněny v posledním sloupci.

Multifokální kontaktní čočky lze použít pro korekci presbyopie. Principem korekce je přídavek (adice) dioptrické hodnoty, která eliminuje sníženou elasticitu oční čočky při pohledu do blízka. Cílovou skupinou pro aplikaci tohoto typu čoček jsou lidé ve věku od cca 40 let. Jednotlivé typy těchto kontaktních čoček jsou vyráběny v různých velikostech adice; nejčastěji se pohybuje mezi 1,00 a 2,50 dioptrií.

Je nutné zmínit, že v přehledu jsou uvedeny čočky jednodenní a v režimu nošení s plánovanou výměnou (14denní, měsíční), jejichž aplikace jsou v České republice procentuálně nejvíce zastoupeny – 32%, resp. 67%. [29]

Data uvedená v tabulce vznikla sloučením dat dostupných na webových stránkách jednotlivých výrobců, internetových prodejců a údajů publikovaných v souhrnu o kontaktních čočkách, který je každoročně vydáván společností Johnson&Johnson. [30]

Tab. 4 Přehled vybraných parametrů sférických, torických a multifokálních kontaktních čoček dostupných na trhu v České republice

| Sférické čočky číré jednodenní a/nebo s plánovanou výměnou | | | | | | | | | |
|--|---|-----------------------------|------------|-----|-----------------|--------------|-----------------|-----------------------------------|--|
| Výrobce | Název | Materiál | Obsah vody | Dk | Střed. tloušťka | Průměr | Základní křivka | Dioptrický rozsah | |
| Johnson & Johnson | 1-DAY ACUVUE MOIST ¹ | HEMA/MA etafilcon A | 58 | 28 | 0,084 | 14,2 | 8,5; 9,0 | -12,00 až +6,00 po 0,5 D | |
| | 1-DAY ACUVUE TRUEYE ¹ | SiHy narafilcon A | 46 | 100 | 0,085 | 14,2 | 8,5; 9,0 | -12,00 až +6,00 po 0,5 D | |
| | ACUVUE 2 ^{1,2,3} | HEMA/MA etafilcon A | 58 | 28 | 0,084 | 14,0 | 8,3; 8,7 | -12,00 až +8,00 po 0,5 D | |
| | ACUVUE OASYS ^{1,2,3} | SiHy senofilcon A | 38 | 103 | 0,070 | 14,0 | 8,4; 8,8 | -12,00 až +8,00 po 0,5 D | |
| | ACUVUE OASYS 1-DAY ¹ | SiHy senofilcon A | 38 | 103 | 0,085 | 14,3 | 8,5; 9,0 | -12,00 až +8,00 po 0,5 D | |
| | AIR OPTIX AQUA ^{2,3} | SiHy lotrafilcon B | 33 | 110 | 0,080 | 14,2 | 8,6 | -10,00 až -0,25 +0,25 až +6,00 | |
| Alcon | AIR OPTIX NIGHT & DAY AQUA ^{2,4} | SiHy lotrafilcon A | 24 | 140 | 0,080 | 13,8 | 8,4; 8,6 | -10,00 až +6,00 | |
| | AIR OPTIX PLUS HYDRAGLYDE | SiHy lotrafilcon B | 33 | 110 | 0,080 | 14,2 | 8,6 | -8,00 až +6,00 po 0,25 D | |
| | AIR OPTIX EX ^{2,4} | SiHy lotrafilcon A | 24 | 140 | 0,080 | 13,8 | 8,4; 8,6 | -10,00 až +6,00 | |
| | DAILIES AQUACOMFORT PLUS ¹ | PVA nelfilcon A | 69 | 26 | 0,100 | 14,0 | 8,7 | -15,00 až -0,50 +0,50 až +8,00 | |
| | DAILIES TOTAL ¹ | SiHy jádro deflefilcon A | 33 / ≥ 80 | 140 | 0,090 | 14,1 | 8,5 | -12,00 až -0,50 +0,50 až +6,00 | |
| | FOCUS DAILIES ¹ | PVA nelfilcon A | 69 | 26 | 0,100 0,146 | 13,8 13,8 | 8,6 8,6 | -10,00 až -0,50 +0,50 až +6,00 | |
| CooperVision | AVAIRA ² | SiHy enfilcon A | 46 | 125 | 0,080 | 14,2 | 8,5 8,4 | -12,00 až -0,25 +0,25 až +8,00 | |
| | AVAIRA VITALITY ² | SiHy fanfilcon A | 55 | 90 | 0,080 | 14,2 | 8,4 | -12,00 až +8,00 | |
| | BIOFINITY ^{2,3} | SiHy comfilcon A | 48 | 160 | 0,080 | 14,0 | 8,6 | -12,00 až +8,00 | |

¹ jednodenní; ² s plánovanou výměnou; ³ prodloužené nošení; ⁴ kontinuální nošení; HEMA – 2-hydroxyethylmethakrylát; MA – kys. methakrylová; PVA – polyvinylalkohol; SiHy – silikonhydrogelové KČ

Tab. 4 Přehled vybraných parametrů sférických, torických a multifokálních kontaktních čoček dostupných na trhu v České republice – pokračování

| Sférické čočky číré jednodenní a/nebo s plánovanou výměnou | | | | | | | | | | |
|--|---------------------------------------|----------------------------|------------|------|-----------------|--------|---------------------|-------------------------------------|--|--|
| Výrobce | Název | Matériál | Obsah vody | Dk | Střed. tloušťka | Průměr | Základní křivka | Dioptrický rozsah | | |
| CooperVision | BIOFINITY XR ^{2,3} | SiHy comfilcon A | 48 | 128 | 0,080 | 14,0 | 8,6 | -12,50 až -20,00 +8,50 až +15,00 | | |
| | BIOFINITY ENERGYS ^{2,3} | SiHy | 48 | | | 14,0 | 8,6 | -12,00 až +8,00 | | |
| | CLARITI 1 DAY ¹ | SiHy somofilcon A | 56 | 60 | 0,070 | 14,1 | 8,6 | -10,00 až +8,00 | | |
| | CLARITIELITE | | | | | | 8,6 | -0,25 až -10,00 +0,25 až +8,00 | | |
| | BIOMEDICS 1 DAY EXTRA ¹ | HEMA / PC omafilcon A | 60 | 44 | 0,075 | 14,2 | 8,6; 8,8 | -0,25 až -10,00 +0,25 až +6,00 | | |
| | BIOMEDICS EVO 55 UV ^{1,3} | HEMA / MA ocufilcon D | 55 | 28,1 | 0,070 | 14,2 | 8,6; 8,8(+); 8,9(-) | -10,00 až +6,00 | | |
| | FREQUENCY 55 ASPHERIC ² | HEMA / MA methafilcon A | 55 | 18 | 0,090 | 14,4 | 8,4 8,7 | -0,25 až -8,00 -10,00 až +8,00 | | |
| | MYDAY ¹ | SiHy stenfilcon A | 54 | 80 | 0,080 | 14,2 | 8,4 | -10,00 až +6,00 | | |
| | PROCLEAR ² | HEMA / PC omafilcon B | 62 | 34 | 0,065 | 14,2 | 8,2; 8,6 | -20,00 až +20,00 | | |
| | PROCLEAR 1-DAY ASPH ¹ | HEMA / PC omafilcon A | 60 | 33 | 0,090 | 14,2 | 8,7 | -12,00 až +8,00 | | |
| Bausch + Lomb | PUREVISION ^{2,4} | SiHy balafilcon A | 36 | 112 | 0,090 | 14,0 | 8,3 8,6 | -0,25 až -6,00 -12,00 až +6,00 | | |
| | PUREVISION2 ^{2,4} | SiHy balafilcon A | 36 | 112 | 0,070 | 14,0 | 8,6 | -12,00 až +6,00 | | |
| | SOFLENS 59 ^{2,3} | HEMA / NVP hilafilcon B | 59 | 22 | 0,035 | 14,0 | 8,4; 8,7; 9,0 | -9,00 až +4,00 | | |
| | SOFLENS DAILY DISPOSABLE ¹ | HEMA / NVP hilafilcon B | 59 | 22 | 0,090 | 14,2 | 8,6 | -9,00 až +6,50 | | |
| | BIOTRUE ONEDAY ¹ | HYPERGEL nesofilcon A | 78 | 42 | | 14,2 | 8,6 | -9,00 až +6,00 | | |
| | ULTRA ² | SiHy samfilcon A | 46 | 163 | | 14,2 | 8,5 | -12,00 až +6,00 | | |

¹ jednodenní; ² s plánovanou výměnou; ³ prodloužené nošení; ⁴ kontinuální nošení; HEMA – 2-hydroxyethylmethakrylát; MA – kys. methakrylová; PC – fosforylcholin; SiHy – silikonhydrogelové KČ; NVP – N-vynilpyrrolidon; – asférická KČ

Tab. 4 Přehled vybraných parametrů sférických, torických a multifokálních kontaktních čoček dostupných na trhu v České republice – pokračování

| Sférické čočky číré jednodenní a/nebo s plánovanou výměnou | | | | | | | | | |
|--|--------------------------------------|----------------------------|------------|-----|-----------------|--------|-----------------|-------------------|--|
| Výrobce | Název | Material | Obsah vody | Dk | Střed. tloušťka | Průměr | Základní křivka | Dioptrický rozsah | |
| Willens | D 55 ^{2,3} | HEMA/MA | 55 | 28 | 0,100 | 14,1 | 8,45 | -0,50 až -16,00 | |
| | BIO OPTIC ^{1,2} | HEMA/GMA hioxifilcon A | 59 | 18 | 0,090 | 14,2 | 8,90 | -0,50 až -10,00 | |
| | D 55 PLUS SILICONE ^{2,3} | SiHy innofilcon A | | 100 | | 14,2 | 8,6 | -0,50 až -7,00 | |
| | AQUILUS VODACLEAR ¹ | HEMA/GMA hioxifilcon A | 57 | 27 | 0,090 | 14,2 | 8,7 | -0,50 až -6,00 | |
| TopVue | TOPVUE AIR ² | SiHy innofilcon A | 45 | 100 | | 14,2 | 8,6 | -12,00 až +8,00 | |
| | TOPVUE DAILY ¹ | HEMA / MA etafilcon A | 58 | 28 | | 14,2 | 8,5 | -12,00 až +4,00 | |
| | TOPVUE PREMIUM ² | SiHy innofilcon A | 45 | 104 | | 14,2 | 8,6 | -12,00 až +8,00 | |
| | TOPVUE PLUS ² | HEMA / MA methafilcon A | 55 | 27 | | 14,2 | 8,6 | -15,00 až +6,00 | |
| Carl Zeiss | TOPVUE MONTHLY ² | HEMA polymacon | 38 | 26 | | 14,0 | 8,6 | -12,00 až +4,00 | |
| | TOPVUE ELITE ¹ | HEMA / MA methafilcon B | 55 | 27 | | 14,2 | 8,6 | -15,00 až +6,00 | |
| | CONTACT DAY 30 COMPATIC ² | - vitaflcon A | 54 | 22 | | 14,2 | 8,6; 8,8; 8,9 | -12,00 až +8,00 | |
| | CONTACT DAY 30 SPHERIC ² | HEMA / MA ocufilcon F | 55 | 19 | | 14,2 | 8,6; 8,8; 8,9 | -12,00 až +8,00 | |
| | CONTACT DAY 1 ¹ | HEMA / MA methafilcon A | 55 | 24 | | 14,2 | 8,6 | -9,00 až +6,50 | |

¹ jednodenní; ² s plánovanou výměnou; ³ prodloužené nošení; ⁴ kontinuální nošení; GMA – glycerolmethakrylát; HEMA – 2-hydroxyethylmethakrylát; MA – kys. methakrylová; SiHy – silikonhydrogelové KČ; – asférická KČ

Tab. 4 Přehled vybraných parametrů sférických, torických a multifokálních kontaktních čoček dostupných na trhu v České republice – pokračování

| Sférické čočky číré jednodenní a/nebo s plánovanou výměnou | | | | | | | | | |
|--|---------------------------|---------------------------|------------|-----|-----------------|------------|-----------------|-------------------|--|
| Výrobce | Název | Material | Obsah vody | Dk | Střed. tloušťka | Průměr | Základní křivka | Dioptrický rozsah | |
| ClearLab | CLEAR 58 ² | HEMA / MA etafilcon A | 58 | 22 | | 14,0; 14,5 | 8,7 | -10,00 až +6,00 | |
| | CLEARALL-DAY ² | HEMA/GMA hioxifilcon A | 57 | 25 | | 14,2 | 8,6 | -12,00 až +6,00 | |
| | CLEAR 1-DAY ¹ | HEMA/GMA hioxifilcon A | 58 | 25 | | 14,2 | 8,7; 8,8 | -10,00 až +6,00 | |
| Menicon | MIRU 1 MONTH ² | SiHy asomfilcon A | 40 | 161 | | 14,0 | 8,3; 8,6 | -13,00 až +6,00 | |
| | MIRU 1 DAY ¹ | HEMA/GMA hioxifilcon A | 57 | 19 | | 14,2 | 8,6 | -10,00 až +4,00 | |

| Torické čočky číré jednodenní a/nebo s plánovanou výměnou | | | | | | | | | |
|---|---|--------------------------|------------|------|--------|-----------------|--------------------------|--|--|
| Výrobce | Název | Material | Obsah vody | Dk | Průměr | Základní křivka | Stabilizační mechanismus | | |
| Johnson & Johnson | ONE DAY ACUVUE MOIST FOR ASTIGMATISM ¹ | HEMA / MA etafilcon A | 58 | 28 | 14,5 | 8,5 | ztluštěné zóny | | |
| | ACUVUE OASYS FOR ASTIGMATISM ^{1,2,3} | SiHy senofilcon A | 38 | 103 | 14,5 | 8,6 | ztluštěné zóny | | |
| | AIR OPTIX FOR ASTIGMATISM ^{2,3} | SiHy lotrafilcon B | 33 | 110 | 14,5 | 8,7 | precision balance 8/4 | | |
| Alcon | DAILIES AQUACOMFORT PLUS TORIC ¹ | PVA nefilcon A | 69 | 26 | 14,4 | 8,8 | torická zadní plocha | | |
| | FOCUS DAILIES TORIC ¹ | PVA nefilcon A | 69 | 26 | 14,2 | 8,6 | | | |
| CooperVision | AVAIRA VITALITY TORIC ² | SiHy fanfilcon A | 55 | 90 | 14,5 | 8,5 | ztenčené zóny | | |
| | BIOFINITY TORIC ^{2,3} | SiHy comfilcon A | 48 | 128 | 14,5 | 8,7 | ztenčené zóny | | |
| | BIOFINITY XR TORIC ^{2,3} | SiHy comfilcon A | 48 | 128 | 14,5 | 8,7 | ztenčené zóny | | |
| | BIOMEDICS 1-DAY TORIC EXTRA ¹ | HEMA / MA ocufilcon D | 55 | 19,7 | 14,5 | 8,7 | prismatický balast | | |

¹ jednodenní; ² s plánovanou výměnou; ³ prodloužené nošení; ⁴ kontinuální nošení; GMA – glycerolmethakrylát; HEMA – 2-hydroxyethylmethakrylát; MA – kys. methakrylová; SiHy – silikonhydrogelové KČ; ■ – asférická KČ

Tab. 4 Přehled vybraných parametrů sférických, torických a multifokálních kontaktních čoček dostupných na trhu v České republice – pokračování

| Torické čočky číre jednodenní a/nebo s plánovanou výměnou | | | | | | | |
|---|---|-------------------------|------------|-----|--------|-----------------|--------------------------|
| Výrobce | Název | Materiál | Obsah vody | Dk | Průměr | Základní křivka | Stabilizační mechanismus |
| CooperVision | CLARITI 1-DAY TORIC ¹ | SiHy somofilcon A | 56 | 60 | 14,3 | 8,6 | prismatický balast |
| | MYDAY TORIC ¹ | SiHy stenfilcon A | 54 | 80 | 14,5 | 8,6 | ztenčené zóny |
| | PROCLEAR TORIC ² | HEMA / PC omafilcon B | 62 | 35 | 14,4 | 8,4; 8,8 | prismatický balast |
| | FREQUENCY XCEL TORIC ² | HEMA / MA methafilcon A | 55 | 18 | 14,4 | 8,7 | prismatický balast |
| Bausch + Lomb | PUREVISION TORIC ^{2,4} | SiHy balafilcon A | 36 | 112 | 14,0 | 8,7 | prismatický balast |
| | PUREVISION2 FOR ASTIGMATISM | SiHy balafilcon A | 36 | 112 | 14,5 | 8,9 | prismatický balast |
| | SOFLENS DAILY DISPOSABLE TORIC ¹ | HEMA / NVP hilafilcon B | 59 | 22 | 14,2 | 8,6 | |
| | SOFLENS TORIC ^{2,3} | HEMA / NVP alfafilcon A | 66 | 32 | 14,5 | 8,5 | prismatický balast |
| TopVue | BIOTRUE ONEDAY FOR ASTIGMATISM ¹ | HYPERGEL nesofilcon A | 78 | 42 | 14,5 | 8,4 | ztenčené zóny |
| | TOPVUE AIR FOR ASTIGMATISM ² | SiHy innofilcon A | 45 | 100 | 14,2 | 8,6 | |
| | TOPVUE PREMIUM FOR ASTIGMATISM ² | SiHy innofilcon A | 45 | 104 | 14,2 | 8,6 | |
| Menicon | MIRU 1 MONTH MENICON FOR ASTIGMATISM ² | SiHy asmoofilcon A | 40 | 161 | 14,0 | 8,6 | |

¹ jednodenní; ² s plánovanou výměnou; ³ prodloužené nošení; ⁴ kontinuální nošení; GMA – glycerolmethakrylát; HEMA – 2-hydroxyethylmethakrylát; MA – kys. methakrylová; NVP – N-vinylpyrrolidon; PC – fosforyleholin; SiHy – silikonhydrogelové KČ; – asférická KČ

Tab. 4 Přehled vybraných parametrů sférických, torických a multifokálních kontaktních čoček dostupných na trhu v České republice – pokračování

| Multifokální čočky čiré jednodenní a/nebo s plánovanou výměnou | | | | | | | | | |
|--|--|-------------------------|------------|------|----------|-----------------------|----------------------------|--|--|
| Výrobce | Název | Material | Obsah vody | Dk | Průměr | Základní křivka | Adice | | |
| Johnson & Johnson | ACUVUE OASYS FOR PRESBYOPIA ² | SiHy senofilcon A | 38 | 147 | 14,3 | 8,4 | LO, MED, HI | | |
| | 1 DAY ACUVUE MOIST MULTIFOCAL ¹ | HEMA / MA etafilcon A | 58 | 25 | 14,3 | 8,4 | LO, MED, HI střed – blízko | | |
| Alcon | AIR OPTIX AQUA MULTIFOCAL ² | SiHy lotrafilcon B | 33 | 138 | 14,2 | 8,6 | LO, MED, HI | | |
| | DAILIES TOTAL 1 MULTIFOCAL ¹ | SiHy jádro delefilcon A | 33 / ≥ 80 | 156 | 14,1 | 8,5 | LO, MED, HI | | |
| | DAILIES AQUACOMFORT PLUS MULTIFOCAL ¹ | PVA nefilcon A | 69 | 26 | 14,0 | 8,7 | LO, MED, HI střed – blízko | | |
| | BIOFINITY MULTIFOCAL ² | SiHy comfilcon A | 48 | 142 | 14,0 | 8,6 | N a D čočka | | |
| CooperVision | PROCLEAR 1 DAY MULTIFOCAL | HEMA, PC omafilcon A | 60 | 37 | 14,2 | 8,7 | HI střed – blízko | | |
| | PROCLEAR MULTIFOCAL ² | HEMA / PC omafilcon B | 62 | 34 | 14,4 | 8,7 | N a D čočka | | |
| | PROCLEAR MULTIFOCAL TORIC ² | HEMA PC omafilcon B | 62 | 34 | 14,4 | 8,4;8,8 | N a D čočka | | |
| | CLARITI 1 DAY MULTIFOCAL ¹ | SiHy somofilcon A | 56 | 60 | 14,1 | 8,6 | LO, HI střed – blízko | | |
| Bausch + Lomb | CLARITI MULTIFOCAL ² | SiHy somofilcon A | 56 | 86 | 14,2 | 8,7 | LO, HI střed – blízko | | |
| | BIOTRUE ONEDAY FOR PRESBYOPIA ¹ | HYPERGEL nesofilcon A | 78 | 42 | 14,2 | 8,6 | LO, HI střed – blízko | | |
| | PUREVISION MULTIFOCAL ² | SiHy balafilcon A | 36 | 112 | 14,0 | 8,6 | LO, HI střed – blízko | | |
| | PUREVISION2 FOR PRESBYOPIA ² | SiHy balafilcon A | 36 | 130 | 14,0 | 8,6 | LO, HI | | |
| SOFLENS MULTIFOCAL ² | HEMA polymacon | 39 | 24 | 14,5 | 8,5; 8,8 | LO, HI střed – blízko | | | |

¹ jednodenní; ² s plánovanou výměnou; HEMA – 2-hydroxyethylmethakrylát; MA – kys. methakrylová; PC – fosforylcholin; SiHy – silikonhydrogelové KČ; ■ – asférická KČ; LO – nízká adice (+0,75 až +1,25); MED – střední adice (+1,50 až +1,75); HI – vysoká adice (+2,00 až +2,50)

Tab. 4 Přehled vybraných parametrů sférických, torických a multifokálních kontaktních čoček dostupných na trhu v České republice – pokračování

| Multifokální čočky číré jednodenní a/nebo s plánovanou výměnou | | | | | | | |
|--|--------------------------------------|-----------------------|------------|-----|--------|-----------------|-------------------------------|
| Výrobce | Název | Materiál | Obsah vody | Dk | Průměr | Základní křivka | Adice |
| TopVue | TOPVUE AIR MULTIFOCAL ² | SiHy innofilcon A | 45 | 100 | 14,2 | 8,6 | +1,00; +1,50; +2,00; +2,50 |
| Menicon | MIRU 1 MONTH MULTIFOCAL ² | SiHy asmoofilcon A | 40 | 129 | 14,00 | 8,6 | LO, HI |

¹ jednodenní; ² s plánovanou výměnou; HEMA – 2-hydroxyethylmethakrylát; MA – kys. methakrylová; PC – fosforylcholin; SiHy – silikonhydrogelové KČ; LO – nízká adice (+0,75 až +1,25); MED – střední adice (+1,50 až +1,75); HI – vysoká adice (+2,00 až +2,50)

Z tabulky 4 je zřejmé, že na trhu v České republice existuje v dnešní době velké množství komerčně vyráběných kontaktních čoček. Široké portfolio je jak u sférických, tak i torických a multifokálních kontaktních čoček. Jednotlivé typy kontaktních čoček se liší jak v materiálových (hlavně botnacích a transportních), tak ve tvarových parametrech.

V praktické části své práce budu zjišťovat, zda rozmanitost v nabídce kontaktních čoček na českém trhu znamená i dostatečnou variabilitu jejich tvarových parametrů.

Proto se chci zaměřit na jeden z hlavních tvarových parametrů kontaktních čoček, a to sagitální hloubku. Vztah mezi její hodnotou a hodnotou sagitální výšky rohovky, respektive předního segmentu oka, je významným, avšak mnohdy opomíjeným faktorem, pomocí kterého lze predikovat vhodnost následné aplikace kontaktních čoček u konkrétních klientů.

Protože je problematika správné aplikace kontaktních čoček otázkou kombinace mnoha faktorů, chci na vybraném vzorku kontaktních čoček a zároveň na statisticky významném počtu klientů prezentovat, do jaké míry se mohou hodnoty sagitální hloubky kontaktní čočky (dále jen sagitální hloubky) a sagitální výšky té části segmentu oka, která je kryta čočkou (dále jen sagitální výška) a jejich vzájemný vztah podílet na celkové úspěšnosti aplikací u stávajících či začínajících nositelů.

PRAKTICKÁ ČÁST

6 STANOVENÍ HYPOTÉZ

Prvním cílem této práce bylo vypočítat sagitální hloubku vybraného vzorku komerčních kontaktních čoček na základě znalosti jejich celkového průměru a zakřivení zadní plochy a tento výpočet potom porovnat s údaji o sagitální hloubce udávanými distributory, respektive údaji z literatury.

Dalším cílem bylo porovnat známé údaje o parametrech standardní rohovky lidského oka s daty naměřenými na přístroji Oculus Pentacam v rozmezí let 2016–2018 na FBMI ČVUT, a jejich pomocí definovat průměrnou sagitální výšku rohovky lidského oka.

Posledním cílem bylo změřit parametry rohovek vybraného vzorku klientů z optické praxe, na základě výpočtů stanovit sagitální výšku jejich předního segmentu oka a z portfolia dostupných komerčních čoček doporučit nejvhodnější typ podle sagitální hloubky, případně diskutovat vhodnost již aplikovaných čoček podle konkrétních hodnot těchto parametrů.

Pro naplnění cílů práce byly stanoveny následující hypotézy:

1. Vypočtená sagitální hloubka kontaktních čoček bude v 95 % odpovídat hodnotě udávané distributory, resp. údajům dostupným v literatuře.
2. Průměrné hodnoty parametrů rohovek naměřených na statisticky významném vzorku probandů budou odpovídat průměrným hodnotám udávaným v literatuře.
3. Sagitální hloubky komerčně dostupných kontaktních čoček budou vyhovovat 80 % klientů z optické praxe.

7 POUŽITÉ MATERIÁLY, PŘÍSTROJE A METODIKY

V teoretické části své práce se zmiňuji o výpočtu sagitální hloubky vnitřní plochy sférické kontaktní čočky na základě znalosti průměru a zakřivení:

$$r^2 = (r-s)^2 + (d/2)^2$$

kde je r poloměr vnitřní plochy kontaktní čočky

s sagitální hloubka kontaktní čočky

d celkový průměr kontaktní čočky

Po matematické úpravě lze sagitální hloubku definovat jako:

$$s = r - \sqrt{r^2 - (d/2)^2} \quad (10)$$

Podle tohoto vztahu jsem počítala velikosti sagit u vybraného vzorku komerčních kontaktních čoček. K výpočtu byly vybrány silikonhydrogelové kontaktní čočky s plánovanou výměnou, sférické a torické. Důvody pro výběr právě těchto kontaktních čoček jsou následující:

- silikonhydrogely jsou nejčastěji aplikovaným materiálem měkkých kontaktních čoček – celosvětově 66 %, v ČR 82 %*
- čočky s plánovanou výměnou – měsíční či 14denní – jsou v ČR aplikovány u 67 % klientů.
- sférický design je použit v ČR u 47 % klientů, torický pak v 36 % případů [29]

Konkrétní typy kontaktních čoček použitých k výpočtu a porovnání:

- sférické:
 - CooperVision: BIOFINITY (comfilcon A)
 - Alcon: AIROPTIX (lotrafilcon B)
 - Bausch&Lomb: PUREVISION I (balafilcon A)
 - Johnson & Johnson: ACUVUE OASYS (senofilcon A)
- torické:
 - CooperVision: BIOFINITY TORIC (comfilcon A)
 - Alcon: AIR OPTIX FOR ASTIGMATISM (lotrafilcon B)
 - Bausch&Lomb: PUREVISION TORIC (balafilcon A)
 - Johnson & Johnson: ACUVUE OASYS FOR ASTIGMATISM (senofilcon A)

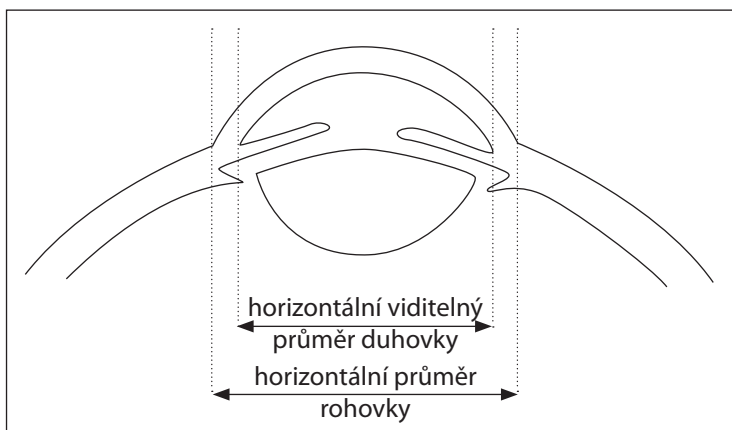
* Údaje pro ČR mohou být ovlivněny množstvím odevzdaných dotazníků, respektive zahrnutých aplikací (441).

V další části práce bylo zapotřebí zjistit průměrné hodnoty rohovky lidského oka. Měřením parametrů rohovky se zabývalo v minulosti několik výzkumů. Jak již bylo uvedeno v teoretické části této práce, v roce 1986 stanovil Guillon a spol. na základě fotokeratospického měření 220 očí model rohovky lidského oka [26]. Tímto výzkumem bylo zjištěno průměrné zakřivení rohovky lidského oka v nejplošším meridiánu – 7,85 mm ($\pm 0,25$ mm) a její průměrný tvarový faktor, tzn. hodnota charakterizující excentricitu rohovky – 0,85 ($\pm 0,15$).

V roce 1982 zjišťovali Martin a Holden průměr rohovky metodou měření vzdálenosti Purkyňových obrázků na korneosklerálním přechodu. Na základě výzkumu 50 probandů byl stanoven průměr standardní rohovky na 12,89 mm ($\pm 0,60$ mm). Zjistili též závislost mezi HVID (horizontal visible irris diameter, horizontální viditelný průměr duhovky) a HCD (horizontal corneal diameter, horizontální průměr rohovky) [31], tak jak ji uvádí rovnice 11.

$$\text{HCD} = 0,92 \cdot \text{HVID} + 2,21 \quad (11)$$

Uvedený vztah vychází ze skutečnosti, že rozměr viditelné duhovky závisí na průhlednosti periferní části rohovky, která není v mnoha případech dostatečná a způsobuje tak nepřesnosti v měření. Průměrná hodnota HVID byla stanovena na 11,64 mm ($\pm 0,49$ mm). Vztah mezi horizontálním průměrem rohovky a horizontálním viditelným průměrem duhovky je graficky znázorněn též na obr. 16.

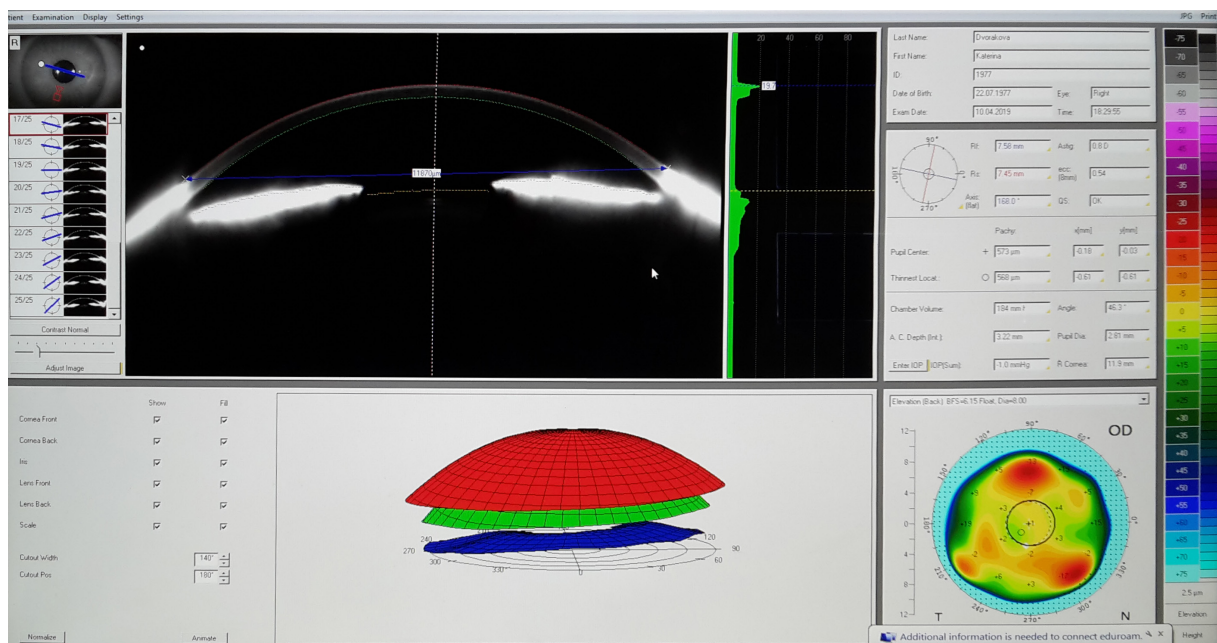


Obr. 16 Rozdíl mezi HVID a HCD

Výzkum Guillona, s použitím hodnoty průměru rohovky podle Martina a Holdena, stanovil průměrnou velikost sagitální výšky rohovky lidského oka na 3,20 mm ($\pm 0,187$ mm).

Z jiných výzkumů však vzešly rozdílné parametry. Podle výzkumu Garnera z roku 1982 je průměrné zakřivení lidské rohovky 7,8 mm, tvarový faktor 0,6 a průměr rohovky odpovídá 12 mm. Sagitální výška se pohybuje mezi 2,0 a 2,8 mm, s průměrem 2,56 mm [32].

V roce 1979 stanovil Bibby na základě svého výzkumu průměrné parametry lidské rohovky takto: zakřivení –7,70 mm; průměr – 12,00 mm; tvarový faktor – 0,79; sagitální výška – 2,73 mm. [25].



Obr. 17 Obraz předního segmentu oka – Pentacam

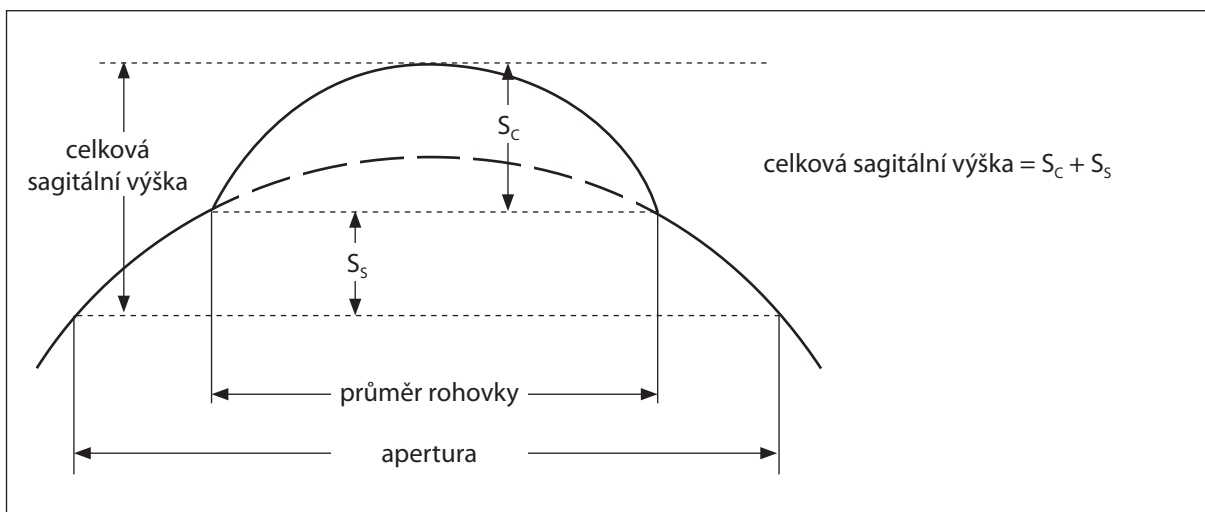
Jako referenční vzorek sloužící k určení průměrných parametrů rohovky lidského oka byl též použit soubor 25 probandů (50 očí) měřených na přístroji Pentacam firmy Oculus (obr. 17) v rozmezí let 2016–2018 na FBMI ČVUT v Kladně.

Tento přístroj slouží k vyšetřování předního segmentu oka a pracuje na principu Scheimpflugovy kamery. Měření probíhá bezkontaktně. Kromě základních tvarových parametrů rohovky lze pomocí tohoto přístroje vytvořit topografickou mapu přední i zadní plochy rohovky, změřit rohovkovou pachymetrii a analyzovat přední komoru oka.

Z hlediska tvarových vlastností rohovky je důležité zmínit, že tento přístroj měří průměr rohovky jako hodnotu horizontální WTW – horizontal white to white, tj. vzdálenost okrajů duhovky ve vodorovném směru a výsledek měření je závislý na manuálním umístění posuvných měřitek na digitálním obraze ze Scheimpflugovy kamery [33]. Protože hodnota horizontální WTW odpovídá hodnotě HVID, byla tato hodnota přepočtena pro potřeby výpočtu sagitální výšky rohovky na průměr rohovky podle vzorce 11.

V poslední části práce jsem k měření parametrů rohovky klientů používala autorefraktometr značky Potec PRK-6000 v provozovně firmy STADAK OPTIK v Žatci. Tento přístroj kromě měření objektivního refrakčního stavu oka zároveň umožňuje měřit centrální i periferní zakřivení rohovky a průměr rohovky odpovídající HVID. Měření na tomto přístroji probíhalo bezkontaktně na vzorku 20 klientů, ať už stávajících (17), či začínajících (3) nositelů kontaktních čoček.

Ze znalosti rozměrů komerčních měkkých kontaktních čoček vyplývá, že jsou konstruovány jako korneosklerální, tedy pokrývají celou rohovku a částečně přesahují na skléru. Jejich celkový průměr se pohybuje mezi 13 a 15 mm a při správné aplikaci překrývají hranici limbu cca o 1 mm. Limbus je hranice oka, kde přechází rohovka v neprůhlednou, pevnou skléru [34].

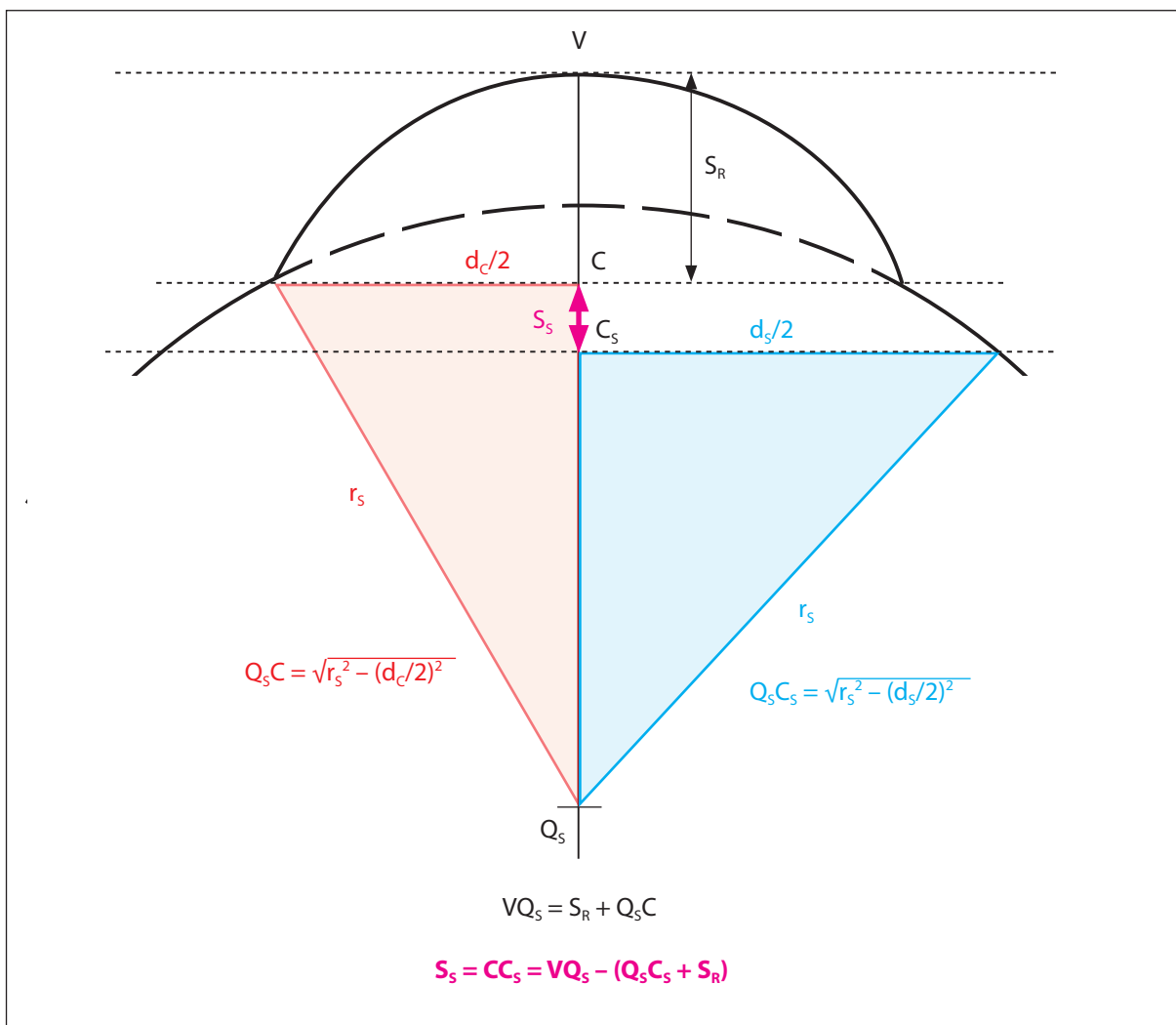


Obr. 18 Sagitální výška předního segmentu oka

Z anatomického hlediska je důležité, že skléra svým zakřivením neodpovídá zakřivení rohovky. Na rozdíl od rohovky představuje povrch skléry většinou sférickou plochu – tvarový faktor $p = 1,0$. Poloměr zakřivení skléry se pohybuje mezi 12 a 14 mm. Axiální délce oka 26 mm odpovídá skléra o zakřivení 13 mm [32].

Celková sagitální výška přední části oka, která je kryta kontaktní čočkou, je tedy součtem sagitální výšky rohovky (S_c) a sagitální výšky části skléry (S_s). Schematicky je znázorněna na obr. 18. Velikost sklerálního „příspěvku“ do celkové sagitální výšky závisí na zakřivení skléry a na vzdálenosti okrajů skléry, která je označována jako apertura. Pokud známe sagitální výšku (S_R) a průměr rohovky (d_c), a dále radius skléry (r_s) a velikost apertury (d_s), lze sklerální část (S_s) celkové sagity předního segmentu oka, který je kryt kontaktní čočkou, vypočítat podle vztahů uvedených na obrázku 19.

V běžné praxi optometristů je většinou velmi obtížné, či přímo nemožné, údaj o sagitě sklerální části získat. Přístroje, které slouží k vyšetřování předního segmentu oka, neposkytují hodnoty zakřivení skléry a velikost apertury lze pouze odhadovat na základě znalosti celkového průměru rohovky klienta a parametrů potenciálně aplikované kontaktní čočky. Lze ale vytvořit model (podle obr. 19) na základě použití nejběžnějších hodnot apertury a zakřivení skléry, který by mohl sloužit jako vodítko pro připočtení sklerálního příspěvku do celkové sagitální výšky oka. Pro tento model jsem zvolila 3 různé hodnoty apertury (14; 14,5 a 15 mm) a 3 hodnoty zakřivení skléry (12, 13 a 14 mm). K výpočtu jsem použila průměrnou velikost celkového průměru rohovky z měření na FBMI ČVUT – 13,03 mm. Výsledné hodnoty sagitálních výšek sklerální části oka při kombinacích jednotlivých hodnot ukazuje tabulka 5.



Obr. 19 Sagitální výška sklerální části

Tab. 5 Velikost sklerální části sagitální výšky lidského oka při různých kombinacích zakřivení skléry a apertury

| Apertura (mm) | Zakřivení skléry (mm) | | |
|---------------|-----------------------|------|------|
| | 12 | 13 | 14 |
| 14,0 | 0,33 | 0,30 | 0,27 |
| 14,5 | 0,52 | 0,46 | 0,42 |
| 15,0 | 0,71 | 0,63 | 0,57 |

Podle průměrných hodnot této tabulky a rozdílu v hodnotách sagit stanovených ve výše zmíněných pracích Martina a Holdena versus Bibbyho nebo Garnera lze k průměrné sagitální výšce rohovky připočítat cca 0,5 mm. Pak průměrná celková sagita segmentu oka krytá kontaktní čočkou vychází 3,77 mm. Tato hodnota je srovnatelná s nejnovějšími měřeními publikovanými v literatuře: 3,74 ± 0,09 mm (U of Montreal, 2017) [35], 3,73 ± 0,19 mm (Harkness Master Thesis, 2015) [36], 3,74 ± 0,16 mm (Vision Care Research, 2013) [37], 3,73 ± 0,19 mm (Pacific U, 2012) [38].

Vztah pro celkovou sagitální výšku přední části oka, která je kryta kontaktní čočkou, je:

$$S_o = \frac{r_c - \sqrt{r_c^2 - p \cdot (d_c/2)^2}}{p} + \sqrt{r_s^2 - (d_c/2)^2} - \sqrt{r_s^2 - (d_s/2)^2} \quad (12)$$

kde r_c zakřivení rohovky na jejím vrcholu

d_c průměr rohovky

p tvarový faktor

r_s zakřivení skléry

d_s apertura

Několik výzkumů se v minulosti zabývalo vztahem sagitální výšky oka a sagitální hloubky kontaktních čoček, aby se zjistil ideální poměr mezi těmito dvěma veličinami z hlediska komfortu nošení pro klienty a zároveň správnosti aplikace a výběru ideální kontaktní čočky z pohledu optometristy. Z posledního výzkumu L. Michauda a spol. (2018) vyšlo, že ideálně aplikovaná kontaktní čočka na oku klienta by měla mít sagitální hloubku o velikosti rozdílné maximálně $\pm 200 \mu\text{m}$ oproti sagitální výšce oka [35]. Tento údaj jsem při vyhodnocování vhodnosti aplikace kontaktních čoček u klientů z optické praxe považovala za stěžejní.

8 VÝSLEDKY MĚŘENÍ A DISKUZE

8.1 Výpočet sagitální hloubky kontaktních čoček

Vypočtené hodnoty sagitální hloubky vybraných kontaktních čoček zachycuje obr. 20 – sférické kontaktní čočky představují modré sloupce, torické jsou označeny červenou barvou.

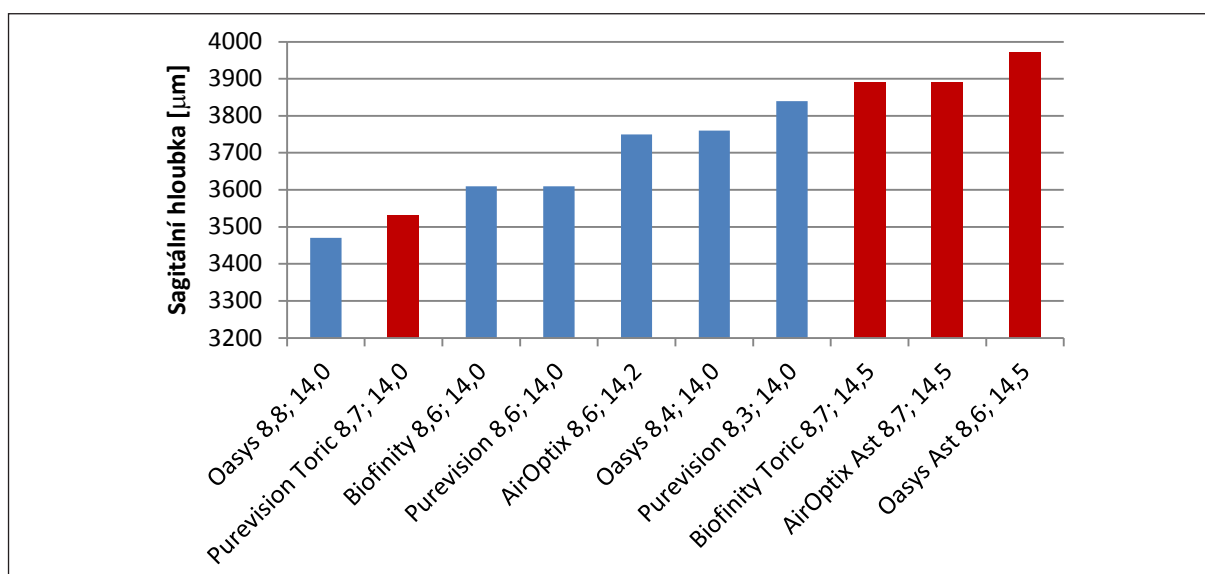
Z tohoto grafu lze vyčíst, o kolik se změní sagitální výška kontaktní čočky při změně základní křivky u stejného typu kontaktní čočky – 250 μm (Purevision), resp. 290 μm (Acuvue Oasys). Stejně tak je zřejmé, že se sagitální výška u jednotlivých typů čoček liší navzdory stejné základní křivce zadní plochy. Kontaktní čočky o větším průměru mají zároveň větší sagitální hloubku. Při změně ze sférického na torický design se sagitální hloubka kontaktních čoček mění taktéž.

Vypočtené hodnoty jsem porovnála s údaji poskytnutými distributory kontaktních čoček v ČR, a zároveň s výsledky nedávného výzkumu Eef van der Worpa z roku 2015 [39] (tab. 6). Obrázek 21 přehledně v grafické podobě znázorňuje údaje z tabulky 6. Výzkum z roku 2015 se opírá o výsledky měření přístrojem SHSOphthalmic omniSpect firmy Optocraft (obr. 22), kde jsou kontaktní čočky měřeny ve speciálním opticky inertním prostředí ve zbotnalém stavu. Přesnost měření přístroje udávaná výrobcem je 10 μm .

Abych ověřila hypotézu, že shoda mezi hodnotou určenou výpočtem a hodnotou udávanou distributory bude minimálně 95 %, tedy odchylka bude menší než 5 %, postupovala jsem podle vztahu 13:

$$\text{Odchylka [\%]} = (\text{vypočítaná hodnota} - \text{distributor}) / \text{vypočítaná hodnota} \cdot 100 \quad (13)$$

Při sběru informací o sagitálních hloubkách komerčních kontaktních čoček jsem se bohužel setkala s faktem, že většina distributorů tyto hodnoty veřejně neposkytuje. Výjimku představuje

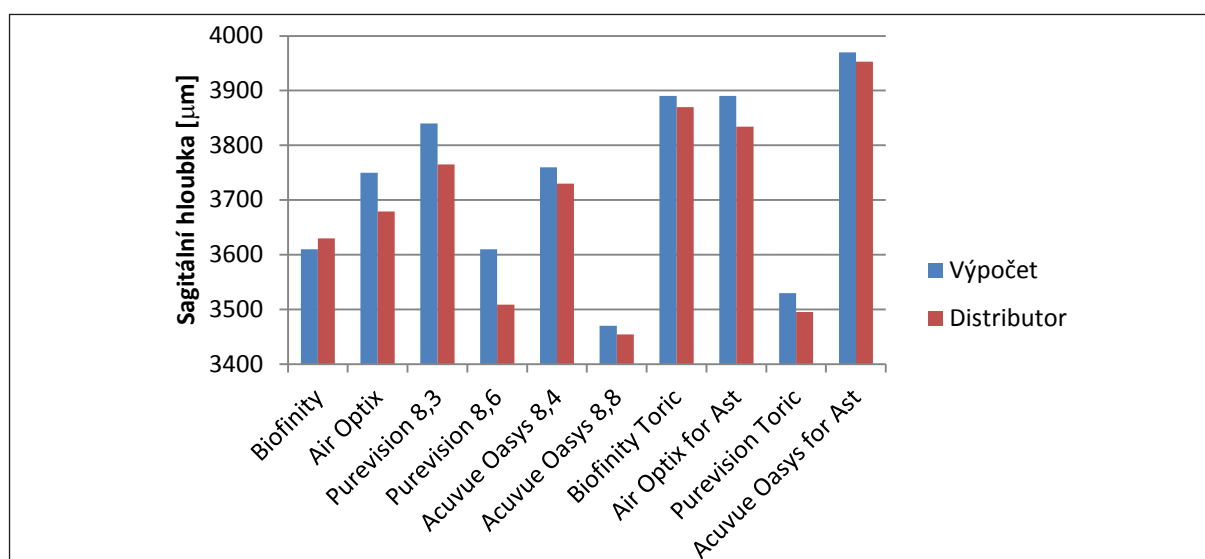


Obr. 20 Přehled sagitálních hloubek vybraných kontaktních čoček určených výpočtem

Tab. 6 Porovnání sagitální hloubky u vybraných kontaktních čoček

| Název | DIA [mm] | BCOR [mm] | Výpočet [μm] | Distributor [μm] | van der Worp [μm] | Odchyłka [%] |
|------------------------------|----------|-----------|--------------|------------------|-------------------|--------------|
| BIOFINITY | 14,0 | 8,6 | 3610 | 3630 | 3634 | -0,55 |
| AIR OPTIX | 14,2 | 8,6 | 3750 | – | 3679 | 1,89 |
| PUREVISION | 14,0 | 8,3 | 3840 | – | 3765 | 1,95 |
| | | 8,6 | 3610 | – | 3509 | 2,80 |
| ACUVUE OASYS | 14,0 | 8,4 | 3760 | – | 3730 | 0,80 |
| | | 8,8 | 3470 | – | 3454 | 0,46 |
| BIOFINITY TORIC | 14,5 | 8,7 | 3890 | 3870 | 3865 | 0,64 |
| AIR OPTIX FOR ASTIGMATISM | 14,5 | 8,7 | 3890 | – | 3834 | 1,44 |
| PUREVISION TORIC | 14,0 | 8,7 | 3530 | – | 3495 | 0,99 |
| ACUVUE OASYS FOR ASTIGMATISM | 14,5 | 8,6 | 3970 | – | 3953 | 0,43 |

BCOR – zakřivení vnitřní plochy KČ; DIA – průměr KČ;



Obr. 21 Porovnání velikostí sagitálních hloubek určených výpočtem s údaji od distributorů (v literatuře) společnost CooperVision, pro kterou nebyl problém tyto údaje dodat. V případech, kdy jsem tedy neměla pro vybrané čočky k dispozici oficiální údaj od distributora, porovnávala jsem mnou vypočtenou hodnotu s údajem z výzkumu z roku 2015.

Z tabulky 6 je zřejmé, že shoda byla u všech vybraných čoček vyšší než 95 %. Hypotéza 1 byla tudíž potvrzena.

V Příloze 1 pro doplnění uvádím sagitální hloubky dalších typů kontaktních čoček, které společnost CooperVision dodává na český trh, stejně tak jako údaje o sagitách čoček získané z jiných zdrojů.



Obr. 22 Přístroj na měření parametrů kontaktních čoček SHSOphthalmic omniSpect

8.2 Měření parametrů standardní rohovky a výpočet její sagitální výšky

Průměrný věk probandů při měření parametrů rohovky na FBMI ČVUT v Kladně byl 40 let (± 13 let) a průměrné tvarové parametry rohovky vyšly následovně: horizontální WTW – 11,76 mm ($\pm 0,37$ mm), zakřivení rohovky – 7,70 mm ($\pm 0,41$ mm), tvarový faktor – 0,70 ($\pm 0,15$). Pro srovnání s literárními údaji (tab. 7) úmyslně ponechávám zjištěné hodnoty pouze částečně zaokrouhlené. Hodnota horizontální WTW byla následně přepočtena na průměr rohovky podle vzorce 11; sagitální výška poté vypočtena podle vzorce 9 (pro přehlednost uvádím oba vzorce znovu):

$$\text{HCD} = 0,92 \cdot \text{HVID} + 2,21$$

$$S = \frac{r - \sqrt{r^2 - p \cdot (d/2)^2}}{p}$$

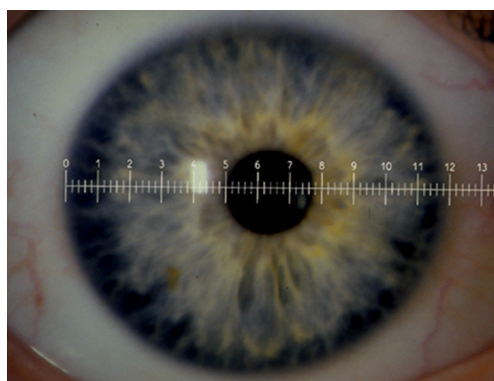
Průměrná hodnota sagitální výšky vypočtená na základě měření na přístroji Pentacam vyšla 3,27 mm ($\pm 0,45$ mm).

Pro srovnání a přehlednost jsou průměrné parametry lidské rohovky získané z literatury a vlastním měřením zaneseny do tabulky 7. Mnou zjištěné parametry rohovky jsou v dobrém souladu s výsledky citovaných výzkumů, zejména s výsledky Guillona z roku 1986, s nímž se shodují i v hodnotách sagitální výšky (viz diskuze dále).

Tab. 7 Přehled průměrných tvarových parametrů lidské rohovky

| Parametr | 1979 Bibby | 1982 Garner | 1986 Guillon | 2015–2018 FBMI ČVUT |
|------------------------|---------------|----------------|----------------------|------------------------|
| Zakřivení rohovky (mm) | 7,70 | 7,80 | 7,85 ($\pm 0,25$) | 7,70 ($\pm 0,41$) |
| Průměr rohovky (mm) | 12,00 | 12,00 | 12,89 ($\pm 0,60$) | 13,03 ($\pm 0,41$) |
| Tvarový faktor | 0,85 | 0,60 | 0,85 ($\pm 0,15$) | 0,70 ($\pm 0,15$) |
| Sagitální výška (mm) | 2,73 | 2,56 | 3,20 ($\pm 0,19$) | 3,27 ($\pm 0,45$) |

Jak již bylo zmíněno v teoretické části této práce, velikost sagitální výšky rohovky lidského oka je závislá na jejích ostatních tvarových parametrech, především pak na celkovém průměru.



Obr. 23 Měřítka pro zjištění průměru rohovky v okuláru šterbinové lampy

Průměr rohovky lze v současnosti měřit několika způsoby. Nejjednodušším způsobem je ruční měření buď za použití milimetrového měřítka, nebo pomocí integrovaných měřících křížů v okulárech šterbinové lampy (obr. 23). Tato měření jsou však zatížena velkým rozptylem hodnot a malou opakovatelností, protože např. nejmenší dílek stupnice na ručním měřítku odpovídá 1 mm. Přesnějšího měření lze

dosáhnout použitím speciálních optických přístrojů využívajících principů keratometrie, rohovkové topografie, částečné koherenční interferometrie, optické koherenční tomografie nebo ultrazvukové biomikroskopie.

Nicméně různé způsoby měření poskytují poněkud odlišné hodnoty, což přispívá k nejasnostem při definici přesného rohovkového průměru. Pro ilustraci uvádím průzkum z roku 2016, ve kterém M. V. Elkateb a spol. zjišťoval rozdíly v měření průměrů rohovky na dvou přístrojích – optickém koherenčním biometru (IOL Master, Carl Zeiss Meditec AG, Dublin, CA, USA) a analyzátoru přední oční komory (Pentacam, Oculus, Rochester, NY). Průměr rohovky (WTW) na přístroji IOL Master vyšel 11,66 mm ($\pm 0,27$ mm), na Pentacamu vnější průměr rohovky 11,93 mm ($\pm 0,43$ mm), vnitřní průměr 11,20 mm ($\pm 0,39$ mm). Výsledek tohoto výzkumu potvrzuje fakt, že existují signifikantní rozdíly v měření průměru rohovky na jednotlivých optických přístrojích a tyto naměřené hodnoty by neměly být zaměňovány. [33]

Velikost sagitální výšky rohovky se zvětšuje se zvětšujícím se celkovým průměrem rohovky. Proto je vypočtená průměrná hodnota sagitální výšky u probandů na FBMI ČVUT vyšší než průměrná hodnota matematického modelu, který byl vytvořen v roce 1986. Naopak, na výzkumech z roku 1979 a 1982 je názorně vidět, že při shodné průměrné velikosti celkového průměru rohovky se její sagitální výška snižuje se zvyšující se průměrnou hodnotou centrálního zakřivení.

Na základě porovnání výsledků vlastního měření s údaji v literatuře lze konstatovat, že všechny hodnoty leží v 95% intervalu spolehlivosti a výsledky si tedy odpovídají.

Hypotéza 2 byla potvrzena.

8.3 Měření parametrů rohovky klientů z optické praxe a výpočet sagitální výšky předního segmentu jejich oka

V optické praxi jsem provedla měření a následné hodnocení aplikace u 20 klientů. Měření probíhala na autorefraktometru značky Potec PRK-6000 podle následujícího postupu:

- měření objektivní refrakce
- keratometrické měření: centrální zakřivení rohovky
- měření průměru rohovky

Na základě zjištěných dat jsem provedla výpočet sagitální výšky jejich rohovky a připočetla nejpravděpodobnější přírůstek sklerální části podle tabulky 6. Součtem obou hodnot jsem získala celkovou sagitální výšku oka. Tu jsem následně porovnávala se sagitální hloubkou již nošených kontaktních čoček. U nevhodných aplikací a u prvnositelů jsem z nabízeného portfolia navrhla nejvhodnější typ kontaktních čoček z hlediska odpovídající sagity.

Stávající nositelé

Klient č. 1

Muž, ročník 1985

| | | OP | OL |
|---------------------|--------------------------------------|-------------|-------------|
| Refrakce | | -1,00 | -1,00 |
| Keratometrie | centrální zakřivení (mm) | 7,97 | 7,93 |
| | HVID (mm) | 11,8 | 11,8 |
| Výpočet | průměr rohovky (mm) | 13,07 | 13,07 |
| | sagitální výška rohovky (μm) | 3410 | 3440 |
| | sagitální výška sklerální části (μm) | 460 | 460 |
| | sagitální výška oka (μm) | 3870 | 3900 |
| Současné KČ | název | Air Optix | |
| | B.C. (mm) | 8,6 | |
| | DIA (mm) | 14,2 | |
| | sagitální hloubka (μm) | 3750 | |

Sagitální výška segmentu oka, který je krytý kontaktní čočkou, je 3870, resp. 3900 μm. Kontaktní čočky, které klient nosí, mají sagitální hloubku 3750 μm. Rozdíl mezi sagitami činí 120 μm u pravého, resp. 150 μm u levého oka. Klient z pohledu odpovídajících si sagit nosí vhodný typ kontaktních čoček.

Klient č. 2

Muž, ročník 2005

| | | OP | OL |
|---------------------|--------------------------------------|-------------|-------------|
| Refrakce | | -2,50 | -2,50 |
| Keratometrie | centrální zakřivení (mm) | 7,59 | 7,53 |
| | HVID (mm) | 11,2 | 11,2 |
| Výpočet | průměr rohovky (mm) | 12,51 | 12,51 |
| | sagitální výška rohovky (μm) | 3290 | 3340 |
| | sagitální výška sklerální části (μm) | 300 | 300 |
| | sagitální výška oka (μm) | 3590 | 3640 |
| Současné KČ | název | Biofinity | |
| | B.C. (mm) | 8,6 | |
| | DIA (mm) | 14,0 | |
| | sagitální hloubka (μm) | 3610 | |

Rozdíl mezi sagitou kontaktní čočky a sagitou pravého, resp. levého oka klienta činí 20 a 30 μm. Aplikace by měla být ideální.

Klient č. 3

Muž, ročník 1991

| | | OP | OL |
|---------------------|--------------------------------------|---------------------------|------------------|
| Refrakce | | +0,50 -0,75 180° | +0,25 -0,75 170° |
| Keratometrie | centrální zakřivení (mm) | 8,01 | 8,02 |
| | HVID (mm) | 12,2 | 12,2 |
| Výpočet | průměr rohovky (mm) | 13,43 | 13,43 |
| | sagitální výška rohovky (μm) | 3650 | 3640 |
| | sagitální výška sklerální části (μm) | 460 | 460 |
| | sagitální výška oka (μm) | 4110 | 4100 |
| Současné KČ | název | Air Optix For Astigmatism | |
| | B.C. (mm) | 8,7 | |
| | DIA (mm) | 14,5 | |
| | sagitální hloubka (μm) | 3890 | |

Kontaktní čočky mají sagitální hloubku menší, než je sagitální výška oka pod kontaktní čočkou. Jde o rozdíl 220 μm u pravého a 210 μm u levého oka. Protože rozdíly překračují stanovenou mez 200 μm pouze o 20, resp. 10 μm, považují kontaktní čočky z hlediska velikosti sagity za vhodně zvolené. Variantou by též mohly být torické kontaktní čočky Acuvue Oasys for Astigmatism s parametry B.C. 8,6, DIA 14,5, u kterých vyšla sagitální hloubka 3970 μm.

Klient č. 4

Muž, ročník 1985

| | | OP | OL |
|---------------------|--------------------------------------|-----------------------------|-----------------|
| Refrakce | | -0,25 -0,75 90° | -0,25 -0,75 90° |
| Keratometrie | centrální zakřivení (mm) | 8,15 | 8,08 |
| | HVID (mm) | 11,7 | 11,7 |
| Výpočet | průměr rohovky (mm) | 12,97 | 12,97 |
| | sagitální výška rohovky (μm) | 3220 | 3260 |
| | sagitální výška sklerální části (μm) | 520 | 520 |
| | sagitální výška oka (μm) | 3740 | 3780 |
| Současné KČ | název | 1-Day Biomedics Toric Extra | |
| | B.C. (mm) | 8,7 | |
| | DIA (mm) | 14,5 | |
| | sagitální hloubka (μm) | 3890 | |

Rozdílnost sagity je v tomto případě 150 μm u oka pravého a 110 μm u oka levého, u obou očí je sagita kontaktní čočky větší než sagita oka. Tento stav může klient subjektivně pociťovat jako snížený komfort, zároveň může vnímat pohyb čočky po mrknutí [35].

Klient č. 5

Muž, ročník 1986

| | | OP | OL |
|---------------------|--------------------------------------|------------------------------|-----------------|
| Refrakce | | -1,75 -0,75 80° | -1,25 -0,75 90° |
| Keratometrie | centrální zakřivení (mm) | 8,34 | 8,44 |
| | HVID (mm) | 11,4 | 11,4 |
| Výpočet | průměr rohovky (mm) | 12,70 | 12,70 |
| | sagitální výška rohovky (μm) | 2930 | 2880 |
| | sagitální výška sklerální části (μm) | 520 | 520 |
| | sagitální výška oka (μm) | 3450 | 3400 |
| Současné KČ | název | Acuvue Oasys For Astigmatism | |
| | B.C. (mm) | 8,6 | |
| | DIA (mm) | 14,5 | |
| | sagitální hloubka (μm) | 3970 | |

Torická kontaktní čočka Acuvue Oasys For Astigmatism svojí sagitální hloubkou výrazně převyšuje sagitální výšku oka klienta – o 520 μm na pravém oku, o 570 μm na levém oku. Tato aplikace je z hlediska odpovídajících si sagit nesprávná. Vhodnější by byla aplikace kontaktní čočky Purevision Toric s parametry B.C. 8,7 a DIA 14,0, jejíž vypočtená sagitální hloubka je 3530 μm.

Klient č. 6

Muž, ročník 1971

| | | OP | OL |
|---------------------|--------------------------------------|-----------------|-----------------|
| Refrakce | | +0,75 -1,25 90° | +0,50 -1,25 80° |
| Keratometrie | centrální zakřivení (mm) | 7,66 | 7,62 |
| | HVID (mm) | 12,1 | 12,1 |
| Výpočet | průměr rohovky (mm) | 13,34 | 13,34 |
| | sagitální výška rohovky (μm) | 3900 | 3940 |
| | sagitální výška sklerální části (μm) | 460 | 460 |
| | sagitální výška oka (μm) | 4360 | 4400 |
| Současné KČ | název | Biofinity Toric | |
| | B.C. (mm) | 8,7 | |
| | DIA (mm) | 14,5 | |
| | sagitální hloubka (μm) | 3890 | |

U tohoto klienta jsou sagitální výšky předních segmentů obou očí větší než sagita aplikované kontaktní čočky. Rozdíly jsou 470 μm na pravém oku a 510 μm na levém oku. Aplikaci lze považovat za nesprávnou. Řešením by mohla být kontaktní čočka s parametry B.C. 8,4, DIA 14,5, u které vychází sagitální hloubka 4160 μm. Tuto kontaktní čočku nabízí na českém trhu firma Bausch & Lomb pod názvem Biotrue One Day For Astigmatism.

Klient č. 7

Žena, ročník 1958

| | | OP | OL |
|---------------------|--------------------------------------|---------------------------|-------------|
| Refrakce | | -5,50 | -5,50 |
| Keratometrie | centrální zakřivení (mm) | 7,72 | 7,75 |
| | HVID (mm) | 12,0 | 12,0 |
| Výpočet | průměr rohovky (mm) | 13,25 | 13,25 |
| | sagitální výška rohovky (μm) | 3760 | 3730 |
| | sagitální výška sklerální části (μm) | 300 | 300 |
| | sagitální výška oka (μm) | 4060 | 4030 |
| Současné KČ | název | Dailies Aqua Comfort Plus | |
| | B.C. (mm) | 8,7 | |
| | DIA (mm) | 14,0 | |
| | sagitální hloubka (μm) | 3530 | |

Ani zde sagitální hloubka aplikované kontaktní čočky neodpovídá sagitám očí klientky. Rozdíly jsou 530, resp. 500 μm. Přínosem by mohl být výběr většího průměru kontaktní čočky (i s ohledem na větší průměr rohovky klientky), který by sagitální hloubku kontaktní čočky zvýšil. Z portfolia jednodenních kontaktních čoček toto kritérium splňuje kontaktní čočka firmy CooperVision s označením MyDay (B.C. 8,4; DIA 14,2; sagita 3910 μm)

Klient č. 8

Žena, ročník 1992

| | | OP | OL |
|---------------------|--------------------------------------|---------------------------|-----------------|
| Refrakce | | -1,50 -1,25 90° | -2,00 -0,75 90° |
| Keratometrie | centrální zakřivení (mm) | 7,74 | 7,71 |
| | HVID (mm) | 11,4 | 11,4 |
| Výpočet | průměr rohovky (mm) | 12,70 | 12,70 |
| | sagitální výška rohovky (μm) | 3310 | 3340 |
| | sagitální výška sklerální části (μm) | 520 | 520 |
| | sagitální výška oka (μm) | 3830 | 3860 |
| Současné KČ | název | Air Optix For Astigmatism | |
| | B.C. (mm) | 8,7 | |
| | DIA (mm) | 14,5 | |
| | sagitální hloubka (μm) | 3890 | |

Sagitální výšky pravého i levého oka odpovídají sagitální hloubce aplikované kontaktní čočky.

Klient č. 9

Žena, ročník 1983

| | | OP | OL |
|---------------------|--------------------------------------|------------------|-----------------|
| Refrakce | | +1,75 -0,75 170° | +1,75 -0,75 20° |
| Keratometrie | centrální zakřivení (mm) | 7,94 | 7,96 |
| | HVID (mm) | 11,8 | 11,8 |
| Výpočet | průměr rohovky (mm) | 13,07 | 13,07 |
| | sagitální výška rohovky (μm) | 3430 | 3410 |
| | sagitální výška sklerální části (μm) | 520 | 520 |
| | sagitální výška oka (μm) | 3950 | 3930 |
| Současné KČ | název | Biofinity Toric | |
| | B.C. (mm) | 8,7 | |
| | DIA (mm) | 14,5 | |
| | sagitální hloubka (μm) | 3890 | |

Z pohledu odpovídajících si sagit je aplikovaná kontaktní čočka ideální.

Klient č. 10

Muž, ročník 1976

| | | OP | OL |
|---------------------|--------------------------------------|-----------------|------------------|
| Refrakce | | -0,50 -0,75 10° | -0,50 -0,75 170° |
| Keratometrie | centrální zakřivení (mm) | 8,11 | 8,17 |
| | HVID (mm) | 11,5 | 11,5 |
| Výpočet | průměr rohovky (mm) | 12,79 | 12,79 |
| | sagitální výška rohovky (μm) | 3120 | 3100 |
| | sagitální výška sklerální části (μm) | 520 | 520 |
| | sagitální výška oka (μm) | 3640 | 3620 |
| Současné KČ | název | Proclear Toric | |
| | B.C. (mm) | 8,8 | |
| | DIA (mm) | 14,4 | |
| | sagitální hloubka (μm) | 3740 | |

Rozdíl hodnot sagitální výšky oka a hloubky kontaktní čočky je 100, resp. 120 μm. Aplikovaná čočka je z tohoto pohledu vhodná.

Klient č. 11

Žena, ročník 1974

| | | OP | OL |
|---------------------|--------------------------------------|------------------|----------------|
| Refrakce | | -0,50 -0,75 180° | -0,50 -0,75 0° |
| Keratometrie | centrální zakřivení (mm) | 7,73 | 7,78 |
| | HVID (mm) | 12,1 | 12,1 |
| Výpočet | průměr rohovky (mm) | 13,34 | 13,34 |
| | sagitální výška rohovky (μm) | 3820 | 3780 |
| | sagitální výška sklerální části (μm) | 520 | 520 |
| | sagitální výška oka (μm) | 4340 | 4300 |
| Současné KČ | název | Proclear Toric | |
| | B.C. (mm) | 8,8 | |
| | DIA (mm) | 14,4 | |
| | sagitální hloubka (μm) | 3740 | |

Nesprávná aplikace – rozdílnost sagit, pravé oko o 600 μm, levé oko o 560 μm. Řešením by mohla být kontaktní čočka s parametry B.C. 8,4, DIA 14,5, u které vychází sagitální hloubka 4160 μm. Při aplikaci této čočky by byl rozdíl sagit 180, resp. 140 μm. Tato kontaktní čočka je na českém trhu k dispozici pod názvem Biotrue One Day For Astigmatism od firmy Bausch & Lomb.

Klient č. 12

Muž, ročník 2000

| | | OP | OL |
|---------------------|--------------------------------------|-------------|-------------|
| Refrakce | | -1,25 | -1,50 |
| Keratometrie | centrální zakřivení (mm) | 7,46 | 7,54 |
| | HVID (mm) | 11,2 | 11,2 |
| Výpočet | průměr rohovky (mm) | 12,51 | 12,51 |
| | sagitální výška rohovky (μm) | 3400 | 3330 |
| | sagitální výška sklerální části (μm) | 330 | 330 |
| | sagitální výška oka (μm) | 3730 | 3660 |
| Současné KČ | název | Biofinity | |
| | B.C. (mm) | 8,6 | |
| | DIA (mm) | 14,0 | |
| | sagitální hloubka (μm) | 3610 | |

Odpovídající si velikosti sagit, rozdíly jsou 120, resp. 50 μm. Aplikovaná kontaktní čočka je správná.

Klient č. 13

Žena, ročník 1972

| | | OP | OL |
|---------------------|--------------------------------------|----------------------|-------------|
| Refrakce | | -3,25 -0,75 80 | -3,00 |
| Keratometrie | centrální zakřivení (mm) | 7,80 | 7,80 |
| | HVID (mm) | 11,5 | 11,5 |
| Výpočet | průměr rohovky (mm) | 12,79 | 12,79 |
| | sagitální výška rohovky (μm) | 3330 | 3330 |
| | sagitální výška sklerální části (μm) | 460 | 460 |
| | sagitální výška oka (μm) | 3790 | 3790 |
| Současné KČ | název | Air Optix For Astig. | Air Optix |
| | B.C. (mm) | 8,7 | 8,6 |
| | DIA (mm) | 14,5 | 14,2 |
| | sagitální hloubka (μm) | 3890 | 3750 |

I přes jiný typ aplikované kontaktní čočky pro pravé a levé oko jsou rozdíly mezi sagitami v rozmezí $\pm 200 \mu\text{m}$ ($100 \mu\text{m}$ OP, $40 \mu\text{m}$ OL). Pokud klientce nečiní problém rozdílný design kontaktních čoček, je aplikace správná.

Klient č. 14

Žena, ročník 1994

| | | OP | OL |
|---------------------|--------------------------------------|-------------|-------------|
| Refrakce | | -1,00 | -1,00 |
| Keratometrie | centrální zakřivení (mm) | 7,69 | 7,75 |
| | HVID (mm) | 11,1 | 11,1 |
| Výpočet | průměr rohovky (mm) | 12,42 | 12,42 |
| | sagitální výška rohovky (μm) | 3160 | 3110 |
| | sagitální výška sklerální části (μm) | 520 | 520 |
| | sagitální výška oka (μm) | 3680 | 3630 |
| Současné KČ | název | Air Optix | |
| | B.C. (mm) | 8,6 | |
| | DIA (mm) | 14,2 | |
| | sagitální hloubka (μm) | 3750 | |

Sagita kontaktní čočky je větší o 70, resp. 120 μm než sagita oka klientky. Aplikace je správná, hodnoty sagit si odpovídají.

Klient č. 15

Žena, ročník 1985

| | | OP | OL |
|---------------------|--------------------------------------|-------------|-------------|
| Refrakce | | -3,25 | -3,75 |
| Keratometrie | centrální zakřivení (mm) | 6,68 | 6,52 |
| | HVID (mm) | 12,1 | 12,1 |
| Výpočet | průměr rohovky (mm) | 13,34 | 13,34 |
| | sagitální výška rohovky (μm) | 4110 | 4150 |
| | sagitální výška sklerální části (μm) | 460 | 460 |
| | sagitální výška oka (μm) | 4570 | 4610 |
| Současné KČ | název | Air Optix | |
| | B.C. (mm) | 8,6 | |
| | DIA (mm) | 14,2 | |
| | sagitální hloubka (μm) | 3750 | |

Kvůli menšímu zakřivení centrální části rohovky a jejímu většímu průměru je výsledná sagitální výška oka o 820, resp. o 860 μm větší než sagita aplikované kontaktní čočky. Z portfolia sférických čoček je svou sagitou nejbližší kontaktní čočka Proclear firmy CooperVision s parametry B.C. 8,2, DIA 14,2, kde je sagitální hloubka určená výpočtem 4100 μm. Bohužel ani o této kontaktní čočce nelze uvažovat jako o ideální. Řešením by mohla být individualizovaná kontaktní čočka s plošší křivkou při daném průměru.

Klient č. 16

Žena, ročník 2001

| | | OP | OL |
|---------------------|--------------------------------------|----------------------|-----------------|
| Refrakce | | +2,00 -1,75 180 | +2,00 -1,75 180 |
| Keratometrie | centrální zakřivení (mm) | 7,86 | 7,94 |
| | HVID (mm) | 11,6 | 11,6 |
| Výpočet | průměr rohovky (mm) | 12,88 | 12,88 |
| | sagitální výška rohovky (μm) | 3360 | 3300 |
| | sagitální výška sklerální části (μm) | 460 | 460 |
| | sagitální výška oka (μm) | 3820 | 3760 |
| Současné KČ | název | One Day Acuvue Moist | |
| | B.C. (mm) | 8,5 | |
| | DIA (mm) | 14,2 | |
| | sagitální hloubka (μm) | 3830 | |

Odpovídající si velikosti sagit – vhodná aplikace.

Klient č. 17

Žena, ročník 1997

| | | OP | OL |
|---------------------|--------------------------------------|---------------------------|-------------|
| Refrakce | | -1,50 | -1,50 |
| Keratometrie | centrální zakřivení (mm) | 8,26 | 8,23 |
| | HVID (mm) | 11,4 | 11,5 |
| Výpočet | průměr rohovky (mm) | 12,70 | 12,79 |
| | sagitální výška rohovky (μm) | 2980 | 3050 |
| | sagitální výška sklerální části (μm) | 330 | 330 |
| | sagitální výška oka (μm) | 3310 | 3380 |
| Současné KČ | název | Dailies Aqua Comfort Plus | |
| | B.C. (mm) | 8,7 | |
| | DIA (mm) | 14,0 | |
| | sagitální hloubka (μm) | 3530 | |

Sagitální hloubka kontaktní čočky převyšuje sagitální výšku oka o 220, resp. 150 μm. Variantou je aplikace kontaktní čočky Focus Dailies s parametry B.C. 8,6 a DIA 13,8. Sagitální výška této jednodenní kontaktní čočky (3470 μm) by se více blížila sagitální výšce očí klientky.

Začínající nositelé

Klient č. 18

Muž, ročník 2001

| | | OP | OL |
|---------------------|--------------------------------------|-----------------|------------------|
| Refrakce | | -4,00 -0,50 75° | -4,25 -0,50 120° |
| Keratometrie | centrální zakřivení (mm) | 8,33 | 8,40 |
| | HVID (mm) | 11,4 | 11,4 |
| Výpočet | průměr rohovky (mm) | 12,70 | 12,70 |
| | sagitální výška rohovky (μm) | 2940 | 2900 |
| | sagitální výška sklerální části (μm) | 300 | 300 |
| | sagitální výška oka (μm) | 3240 | 3200 |

Z nabízeného portfolia torických kontaktních čoček je nejbližší se svou sagitální hloubkou 3530 μm Purevision Toric (B.C. 8,7; DIA 14,0), ale rozdíl mezi sagitami je větší než 200 μm (290, resp. 330 μm). Řešením by mohla být i sférická kontaktní čočka s průměrem 14,0 mm a základní křivkou 9,0 mm, která má výpočtem zjištěnou sagitální hloubku 3340 μm. Tento parametr splňuje hydrogelová kontaktní čočka s plánovanou výměnou Soflens 59 od firmy Baush & Lomb.

Klient č. 19

Žena, ročník 1977

| | | OP | OL |
|---------------------|--------------------------------------|-------------|-------------|
| Refrakce | | -1,00 | -1,00 |
| Keratometrie | centrální zakřivení (mm) | 7,55 | 7,58 |
| | HVID (mm) | 11,9 | 11,9 |
| Výpočet | průměr rohovky (mm) | 13,16 | 13,16 |
| | sagitální výška rohovky (μm) | 3850 | 3820 |
| | sagitální výška sklerální části (μm) | 460 | 460 |
| | sagitální výška oka (μm) | 4310 | 4280 |

Z portfolia dostupných komerčních čoček by svou sagitální hloubkou určenou výpočtem nejvíce odpovídala hydrogelová kontaktní čočka Proclear firmy CooperVision (B.C. 8,2; DIA 14,2; S 4100 μm). Rozdíl mezi sagitální výškou oka a sagitální hloubkou potenciální kontaktní čočky je 210, resp. 180 μm.

Klient č. 20

Žena, ročník 2003

| | | OP | OL |
|---------------------|--------------------------------------|-------------|-------------|
| Refrakce | | +8,50 | +5,50 |
| Keratometrie | centrální zakřivení (mm) | 7,49 | 7,67 |
| | HVID (mm) | 10,8 | 10,8 |
| Výpočet | průměr rohovky (mm) | 12,15 | 12,15 |
| | sagitální výška rohovky (μm) | 3110 | 2990 |
| | sagitální výška sklerální části (μm) | 300 | 300 |
| | sagitální výška oka (μm) | 3410 | 3290 |

Silikonhydrogelová kontaktní čočka Acuvue Oasys s parametry B.C. 8,8 a DIA 14,0 má vypočtenou sagitální hloubku 3470 μm. U pravého oka je rozdíl mezi sagitální výškou oka a sagitální hloubkou kontaktní čočky 60 μm, u levého 180 μm. Tato čočka se z pohledu sagitální hloubky jeví jako ideální. Bohužel dioptrický rozsah tohoto typu komerčně vyráběné čočky končí u hodnoty +8,00 D. Klientka by po přepočtu z brýlové korekce potřebovala na pravém oku kontaktní čočku hodnoty +9,75 D. Tento parametr splňuje silikonhydrogelová kontaktní čočka Biofinity XR, která ale svou sagitální hloubkou (3610 μm) převyšuje sagitální výšku oka klientky, a to především u levého oka (rozdíl 320 μm).

Řešení by v tomto případě mohl přinést individuálně zhotovený pár kontaktních čoček s následujícími tvarovými parametry:

| | | OP | OL |
|---------------------------|------------------------|-------------|-------------|
| Dioptrická hodnota | | +9,75 | +6,00 |
| Parametry | B.C. (mm) | 8,8 | 9,0 |
| | DIA (mm) | 14,0 | 14,0 |
| | sagitální hloubka (μm) | 3470 | 3340 |

Kontaktní čočky jsou pro tuto klientku přijatelnějším řešením korekce oční vady i z důvodu nepřítomnosti anizeikonie, která vzniká v brýlové korekci z důvodu rozdílného refrakčního deficitu pravého a levého oka. Z hlediska režimu nošení kontaktních čoček a materiálu, z kterého jsou vyrobeny, bych doporučila silikonhydrogelové kontaktní čočky s plánovanou výměnou (měsíční).

Individuálně zhotovené silikonhydrogelové kontaktní čočky jsou v nabídce firmy UltraVision CLPL (VB). Při objednávání lze vybírat z velkého množství tvarových parametrů:

- měsíční silikonhydrogelové kontaktní čočky (Avanti):
 - B.C. 8,0; 8,3; 8,6; 8,9; 9,2 mm
 - DIA 14,00; 14,50; 15,00 mm
 - $\pm 20,00$ D
 - CYL $-0,75$ až $-8,00$
 - AX 1° až 180° (1° krok)
- 3měsíční silikonhydrogelové kontaktní čočky (HydroWave)
 - B.C. 7,0 až 9,6 mm (po 0,1 mm)
 - DIA 12,5 až 16,0 mm (po 0,1 mm)
 - $\pm 30,00$ D
 - CYL $-0,50$ až $-11,00$
 - AX 1° až 180° (1° krok)

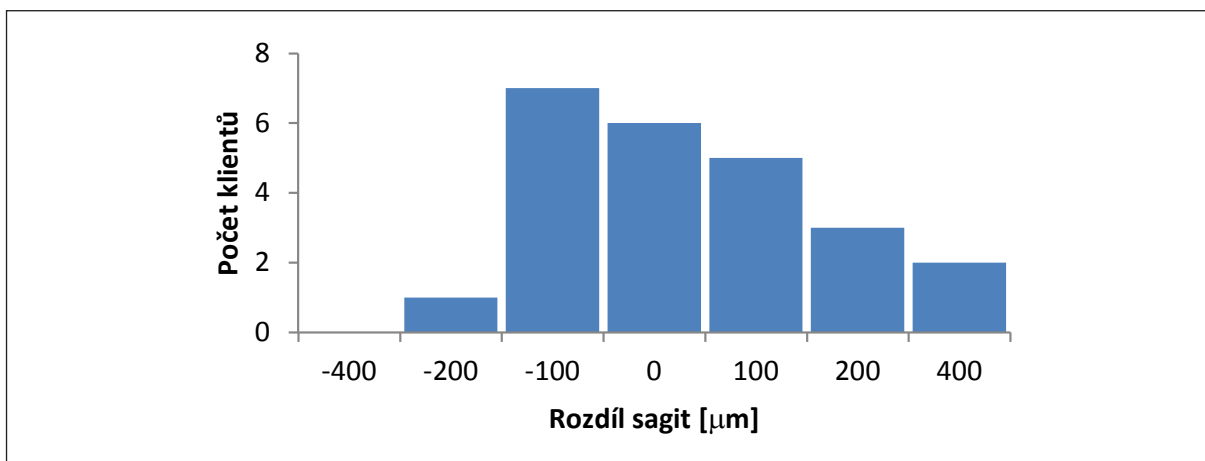
Firma Cantor & Nissel (VB) je dalším výrobcem individualizovaných kontaktních čoček disponující širokým rozpětím tvarových parametrů. Základní vlastnosti materiálu (obsah vody, transmisibilita) kontaktních čoček jsou závislé na konkrétní dioptrické hodnotě dané čočky. Ke korekci hypermetropie jsou v nabídce 30denní silikonhydrogelové čočky s parametry:

- B.C. 7,8 až 9,8 mm (po 0,1 mm)
- DIA 13,75 až 17,20 mm (po 0,55 mm)
- $\pm 40,00$ D

Individuální kontaktní čočky jsou vyráběny metodou soustružení (lathe cutting) a jejich vnitřní plocha je většinou sférická, dvoukřivková. Cena balení 3 ks individuálních měsíčních kontaktních čoček se pohybuje kolem 39 £, balení tříměsíčních čoček mezi 26 a 38 £ [40].

Na obrázku 24 je zachyceno rozložení velikostí rozdílů mezi sagitou kontaktních čoček a sagitou oka u klientů nosících vyhovující kontaktní čočky. Nejvíce klientů nosí čočky s rozdílem sagit 0–100 μm .

U stávajících nositelů odpovídají kontaktní čočky svými sagitami sagitě oka ve 12 případech. Naopak, pět klientů z optické praxe nosí kontaktní čočky, jejichž sagita neodpovídá sagitě předního segmentu jejich oka. To znamená, že vyhovujících kontaktních čoček je 70,59%. Hypotéza 3 se zamítá.



Obr. 24 Rozložení četností jednotlivých rozdílů v sagitách oka a kontaktní čočky u klientů nosících vhodné kontaktní čočky

Vypočtené hodnoty sagitální hloubky vybraných kontaktních čoček byly v souladu s daty, které publikují jednotliví distributoři, resp. které vycházejí z podobných výzkumů.

Mnou zjištěné průměrné tvarové parametry rohovky – centrální zakřivení, celkový průměr a sagitální výška – se nelišily od publikovaných hodnot.

Kontaktní čočky aplikované v praxi většině klientů z hlediska sagitální hloubky vyhovují, ale v menším procentu, než jsem se domnívala. Hypotézy 1 a 2 byly tudíž potvrzeny, hypotéza 3 vyvrácena. Je zřejmé, že omezená variabilita tvarových parametrů u dostupných kontaktních čoček nemůže pokrýt požadavky veškeré populace a větší míra individualizace je pro pohodlné nošení kontaktních čoček nezbytná, respektive může přispět k odstranění problémů některých nositelů.

9 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo zabývat se tvarovými parametry měkkých kontaktních čoček, především pak sagitální hloubkou, jakožto jedním z faktorů, který významně ovlivňuje úspěšnost aplikací kontaktních čoček u konkrétních klientů a který je ale v současné běžné praxi velmi často opomíjen a podceňován. Přitom byl, jako jeden ze zásadních výstupů, již v teoretické části práce sestaven aktuální a ucelený přehled komerčně dostupných kontaktních čoček na českém trhu a jejich vybraných tvarových parametrů.

V praktické části jsem porovnávala vypočtené hodnoty sagitálních hloubek vybraných typů kontaktních čoček s údaji poskytovanými výrobcí, nebo nalezenými v odborné literatuře. Byla zjištěna dobrá shoda, takže rozšířené uvedené údaje (Příloha 1), jinak obtížně dostupné, mohou posloužit jako příspěvek k doplnění chybějící příslušné české literatury. Údaje o sagitální hloubce čoček jsem aplikovala nejprve na tzv. standardní rohovku, jejíž parametry jsem získala z měření vzorku probandů a opět ověřila jejich správnost porovnáním s údaji v literatuře. Mnou zjištěné parametry byly průměr rohovky 13,03 mm ($\pm 0,41$ mm), WTW 11,76 mm ($\pm 0,37$ mm), zakřivení centrální části 7,70 mm ($\pm 0,41$ mm), tvarový faktor 0,70 ($\pm 0,15$) a sagitální výška 3,27 mm ($\pm 0,45$ mm) a jsou v dobrém souladu s dříve publikovanými daty.

Poté jsem na vybraném vzorku klientů z optické praxe zjišťovala, zda má většina z nich aplikovány odpovídající kontaktní čočky z pohledu sagitální výšky předního segmentu jejich oka. Prokázalo se, že podle tohoto ukazatele ne všichni klienti nosí vyhovující kontaktní čočky. Podíl vhodných aplikací činil necelých 71 %.

Úspěšná aplikace kontaktních čoček je otázkou mnoha faktorů. Klientovi by měly vyhovovat kromě tvarových i materiálové vlastnosti kontaktních čoček. Důležitou roli v aplikaci hraje i kvalita, množství a tonicita slzného filmu klienta, potažmo celkový zdravotní stav předního segmentu jeho oka. Aplikující optometrista by měl mít za cíl vybrat pro klienta jednak kontaktní čočku, která zajišťuje komfort nošení a pozitivně ovlivňuje klientovo vidění, ale zároveň čočku, která nezhoršuje zásobení oka kyslíkem či jakkoliv neovlivňuje fyziologické procesy probíhající ve zdravých tkáních oka.

Proto by kvalitní keratometrická měření, včetně pečlivých záznamů nejen o zakřivení, ale také o průměru rohovky, respektive o její vypočtené sagitální výšce a zahrnutí porovnání sagitální hloubky kontaktní čočky se sagitální výškou rohovky a předního segmentu oka, měly patřit k poskytovanému standardu v aplikačních střediscích. Pro výpočet sagitální výšky předního segmentu oka v běžné optometristické praxi doporučuji přičíst k sagitální výšce rohovky hodnotu 0,5 mm, což je sagitální výška části skléry, která je kryta kontaktní čočkou. Pro získání individuálně přizpůsobených kontaktních čoček mohou posloužit údaje ze str. 54 této práce.

Opakující se návštěvy, při kterých optometrista zjišťuje komfort nošení a řeší s klientem případné nedostatky či problémy s aplikací, by měly převážít nad záměrem co nejrychleji klientovi vybrat přibližně odpovídající pár nositelných kontaktních čoček. Doufám, že moje bakalářská práce může v budoucnosti přispět ke zlepšení individuálního přístupu ke klientům nosícím kontaktní čočky a potažmo k následné péči o ně.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] PETROVÁ, Sylvie, MAŠKOVÁ, Zdeňka a JUREČKA, Tomáš. *Základy aplikace kontaktních čoček*. 2. dopl. vyd.. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů v Brně, 2008, s.21–27. ISBN 978-80-7013-470-2.
- [2] EFRON, Nathan. *Contact lens practice*. 2nd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann/Elsevier, 2010. ISBN 978-0-7506-8869-7.
- [3] PEARSON R. M. *Optom. Vis. Sci.* 1989, 66(643) .
- [4] BOWDEN, T. J. *Contact lenses: The story*. Gravesend: Bower House Publications, 2009. ISBN 978-0-9558981-0-5.
- [5] MICHÁLEK, Jiří, CHMELÍKOVÁ Dana, CHYLÍKOVÁ KRUMBHOLCOVÁ Eva, PODEŠVA Jiří a DUŠKOVÁ SMRČKOVÁ Miroslava. *Historie měkkých kontaktních čoček aneb Jak to bylo doopravdy*. Chemické listy. 2018, roč. 112, č. 3, s. 143–147.
- [6] WICHTERLE, Otto. *Vzpomínky*. Žďár n. Sázavou: Impreso, 1992.
- [7] *Kontaktologické listy* [online]. č. 1/2012, č. 1/2013, č. 1/2014, č. 1/2015, č. 1/2016. [cit. 2018-09-10]. Dostupný z: www.cks.cz.
- [8] SWEENEY, Deborah. *Silicone hydrogels: the rebirth of continuous wear contact lenses*. Boston: Butterworth Heinemann, 2000. ISBN 07-506-4462-1.
- [9] MÜLLER-TREIBER, Andrea. *Kontaktlinsen Know-how*. 2. Auflage. Heidelberg: DOZ Verlag, 2010, s. 89–99. ISBN 978-3-922269-92-2.
- [10] NOVOTNÝ, Martin. *Výbrané vlastnosti hydrogelových kontaktních čoček a jejich srovnání se silikonhydrogely včetně uplatnění na trhu*. Kladno, 2014, s. 8–35. Bakalářská práce. ČVUT FBMI. Vedoucí práce Ing. Jiří Michálek.
- [11] MALDONADO-CODINA, C., Soft lens materials In: Nathan EFRON. *Contact lens practice*. 2nd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann/Elsevier, 2010, s. 67–85. ISBN 978-0-7506-8869-7.
- [12] MICHÁLEK, J., HOBZOVÁ, R., PŘÁDNÝ, M., DUŠKOVÁ, M. *Hydrogels contact lenses. Biomedical Applications of Hydrogels Handbook*. New York : Springer, 2010. (Ottenbrite, R.; Park, K.; Okano, T.) S. 303–315. ISBN 978-1-4419-5918-8
- [13] TRANOUDIS, I. XV. výroční sjezd České kontaktologické společnosti, Nymburk, 7.–9. 11. 2008.
- [14] BENEŠ P. a MICHÁLEK, J. *HyperGel: nový materiál pro kontaktní čočky*. In: Česká oční optika. Praha: EXPO DATA spol. s r.o., 2015, (1), s. 78–80. ISSN 1211-233X
- [15] POLÁŠEK, J., ed. *Technický sborník oční optiky*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1974, s. 34–35.

- [16] ŠTĚPÁNOVÁ, Adéla. *Hydrogelové materiály pro kontaktní čočky s vyšším obsahem vody a jejich vybrané parametry*. Kladno, 2015, s. 13–20. Bakalářská práce. ČVUT FBMI. Vedoucí práce Ing. Jiří Michálek.
- [17] HARRIS, M.G., HALL, K. a OYE, R. Measurement and stability of hydrophilic lens dimensions. *Am. J. Optom. Arch. Am. Acad. Optom* 1973, 50, s. 546–552.
- [18] RUBEN, M. Soft lenses: the physico-chemical characteristics. *Contacto* 1974, 18, s. 11–23.
- [19] HOM, M.M. a BRUCE, A.S. *Manual of contact lens prescribing and fitting*. 1st ed. Elsevier Health Sciences, 2006. ISBN 9780750675178.
- [20] MORGAN, P. B. a EFRON, N. The oxygen performance of contemporary hydrogel contact lenses. *Contact Lens Ant. Eye* 1998, 21, s. 3–6.
- [21] EFRON N., MORGAN P.B. a KATSARA, S.S. Validation of grading scales for contact lens complications. *Ophthal Physiol Opt.* 2000, 21, s. 17–29.
- [22] MICHÁLEK, J. *Základní parametry kontaktních čoček a jejich význam pro praxi [přednáška]*. Kladno: ČVUT FBMI, 19. dubna 2018
- [23] MICHÁLEK J. *Materiály a technologie pro výrobu kontaktních čoček. Základní kurz školení kontaktologů*. Česká kontaktologická společnost, Praha 2004.
- [24] GAGGIONI, M. a MEIER, D. Das Corneoskleralprofil. *NOJ*. 1987, 1, s. 66–71.
- [25] BIBBY, M.M. Sagittal depth considerations in the selection of the base curve radius of a soft contact lens. *Am. J. Optom. Physiol. Opt.* 1979, 56(7), s. 407–413.
- [26] YOUNG, G. Ocular sagittal height and soft contact lens fit. *Journal of the British Contact Lens Association*. 1992, 15(1), s. 45–49.
- [27] TRUSIT, D. Aspheric contact lenses – What is the deal? [cit. 2018-02-20]. Dostupný z: www.jnjvisioncare.ae/sites/.../aspheric_ccontaact_lenses.pdf.
- [28] POUCHLÝ, J. *Fyzikální chemie makromolekulárních a koloidních soustav*. 3. vyd. Praha: VŠCHT Praha, 2008. ISBN 978-80-7080-674-6.
- [29] KRASŇANSKÁ, J. Kontaktologické listy 1 (2018). [online] [cit. 2019-01-05]. Dostupný z: www.cks.cz.
- [30] WHITE, P. 2017 Contact Lens & Solutions Summary. A supplement to the July 2017 Issue of Contact Lens Spectrum. Johnson & Johnson Vision Care, Boston 2017
- [31] MARTIN, D.K. a HOLDEN, B.A. A new method for measuring the diameter of the *in vivo* human cornea. *Am. J. Optom. Physiol. Opt.* 1982, 59(5), s. 436–441.
- [32] GARNER, L. F. Sagittal height of the anterior eye and contact lens fitting. *Am. J. Optom. Physiol. Opt.* 1982, 59(4), s. 301–305.
- [33] ELKATEB, M.W. a SWELEM, H.S. Measurement of white-to-white distance using Pentacam Scheimpflug imaging versus IOLMaster. *Egypt J Cataract Refract Surg*. 2016, 22, s. 10–4.
- [34] www.cocky-kontaktni.cz [cit. 2019-02-02]

- [35] MICHAUD, L., VAN DER WORP, E., GIASSON C.J. et al. Determining the soft contact lens sagittal depth to optimize fitting and comfort. *Contact Lens & Anterior Eye*. 2018, 41, s. 93–94.
- [36] HARKNESS, RITZMANN, CAROLINE, P., KOJIMA R., HAYES. Comparison of sagittal height measurement methods and predicting central clearance for scleral contact lenses. Masters Thesis, Pacific University 2015.
- [37] HALL, L.A, HUNT, C., YOUNG, G. a WOLFFSOHN, J. Factors affecting corneoscleral topography. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2013, 54, s. 3691–3701.
- [38] ACHONG-COAN, R., CAROLINE, P.J., KINOSHITA, B., COPILEVITZ, L., LAMPA, M., KOJIMA, R. a ANDRE, M. How do normal and keratoconic eyes differ in shape? *Poster GSLS*. 2012, January 26–29, Las Vegas: USA.
- [39] VAN DER WORP, E. a MERTZ, C. Sagittal height differences of frequent replacement silicone hydrogel contact lenses. *Contact Lens & Anterior Eye*. 2015, 38, s. 157–162.
- [40] UltraVision 2019 Price List [online] [cit. 2019-05-04]

SEZNAM ZKRATEK

| | |
|------------|--|
| B.C. | základní křivka kontaktní čočky (basic curvature) |
| BCOR | zakřivení zadní plochy kontaktní čočky (back central optical radius) |
| CLPC | gigantopapilární konjunktivitida způsobená kontaktními čočkami |
| DIA | průměr kontaktní čočky |
| Dk | permeabilita |
| Dk/t, Dk/L | transmisibilita |
| DMA | N,N-dimethylakrylamid |
| EDMA | ethylendimethakrylát |
| GMA | glycerolmethakrylát |
| HCD | průměr rohovky ve vodorovném směru (horizontal corneal diameter) |
| HVID | horizontální viditelný průměr duhovky (horizontal visible iris diameter) |
| KČ | kontaktní čočka |
| HEMA | 2-hydroxyethylmethakrylát |
| NVP | N-vinylpyrrolidon |
| MA | kyselina methakrylová |
| PHEMA | poly(2-hydroxyethylmethakrylát) |
| PMMA | polymethylmethakrylát |
| PC | fosforylcholin |
| PVP | polyvinylpyrrolidon |
| RGP | plynopropustné tvrdé kontaktní čočky (rigid gas permeable) |
| TPVC | karbamátem substituovaná TRIS struktura |
| WTW | vzdálenost okrajů duhovky (white to white) |

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 HEMA

Obr. 2 N-vinylpyrrolidon

Obr. 5 TRIS struktura

Obr. 3 Glycerolmethakrylát

Obr. 4 Kys. methakrylová

Obr. 6 Kontaktní úhel

Obr. 7 Tahová křivka, modul pružnosti

Obr. 8 Kalhotkový test

Obr. 9 Závislost permeability kyslíku na rovnovážném obsahu vody

Obr. 10 Základní tvarové parametry kontaktní čočky

Obr. 11 Základní tvar plusové a minusové kontaktní čočky

Obr. 12 Konstrukce jednokřivkové, dvoukřivkové a vícekřivkové kontaktní čočky

Obr. 13 Sagitální hloubka kontaktní čočky

Obr. 14 Velikost sagitální hloubky kontaktních čoček v závislosti na základní křivce, celkovém průměru a geometrii zadní plochy

Obr. 15 Grafické znázornění výpočtu sagitální hloubky

Obr. 16 Rozdíl mezi HVID a HCD

Obr. 17 Obraz předního segmentu oka – Pentacam

Obr. 18 Sagitální výška předního segmentu oka

Obr. 19 Sagitální výška sklerální části

Obr. 20 Přehled sagitálních hloubek vybraných kontaktních čoček určených výpočtem

Obr. 21 Porovnání velikostí sagitálních hloubek určených výpočtem s údaji od distributorů (v literatuře)

Obr. 22 Přístroj na měření parametrů kontaktních čoček SHSOphthalmic omniSpect

Obr. 23 Měřítka pro zjištění průměru rohovky v okuláru šterbinové lampy

Obr. 24 Rozložení četností jednotlivých rozdílů v sagitách oka a kontaktní čočky u klientů nosících vhodné kontaktní čočky

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Vztah mezi průměrem KČ a velikostí rohovky pro výpočet ideálního BCOR při aplikaci hydrogelové KČ

Tab. 2 Sagitální výška rohovky u běžné populace

Tab. 3 Povolené odchylky středové tloušťky kontaktních čoček podle normy EN ISO 18369-2:2006

Tab. 4 Přehled vybraných parametrů sférických, torických a multifokálních kontaktních čoček dostupných na trhu v České republice

Tab. 5 Velikost sklerální části sagitální výšky lidského oka při různých kombinacích zakřivení skléry a apertury

Tab. 6 Porovnání sagitální hloubky u vybraných kontaktních čoček

Tab. 7 Přehled průměrných tvarových parametrů lidské rohovky

Tab. 8 Velikost sagitální hloubky KČ firmy CooperVision (Příloha 1)

Tab. 9 Velikost sagitální hloubky u dalších typů KČ (Příloha 1)

PŘÍLOHA 1

Tab. 8 Velikost sagitální hloubky KČ firmy CooperVision

| Obchodní název | BCOR [mm] | DIA [mm] | Sagitální hloubka [μm] |
|---------------------------|-----------|----------|-------------------------------------|
| Clariti | 8,6 | 14,1 | 3780 |
| Clariti Toric | 8,6 | 14,3 | 3680 |
| Proclear | 8,6 | 14,2 | 3680 |
| Proclear 1 Day | 8,7 | 14,2 | 3610 |
| Proclear 1 Day Multifocal | 8,7 | 14,2 | 3650 |

Tab. 9 Velikost sagitální hloubky u dalších typů KČ (podle Müllerové, 2010)

| Obchodní název | BCOR [mm] | DIA [mm] | Sagitální hloubka [μm] |
|-------------------------------|-----------|----------|-------------------------------------|
| One Day Acuvue Moist | 8,5 | 14,2 | 3880 |
| | 9,0 | | 3490 |
| Soflens One Day | 8,6 | 14,2 | 3640 |
| Acuvue Oasys | 8,4 | 14,0 | 3610 |
| Air Optix | 8,6 | 14,2 | 3570 |
| Air Optix Night & Day | 8,4 | 13,8 | 3430 |
| | 8,6 | | 3280 |
| Focus Dailies All Day Comfort | 8,6 | 13,8 | 3350 |