

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
BIOMEDICÍNSKÉHO
INŽENÝRSTVÍ**



**BAKALÁŘSKÁ
PRÁCE**

2021

**KATEŘINA
PECHKOVÁ**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta biomedicínského inženýrství

Katedra přírodovědných oborů

Frekventované tvarové parametry současných měkkých kontaktních čoček

Frequently used shape parameters of current soft contact lenses

Bakalářská práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika

Studijní obor: Optika a optometrie

Autor bakalářské práce: Kateřina Pechková

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jiří Michálek, CSc.

Kladno 2021



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Pechková** Jméno: **Kateřina** Osobní číslo: **483410**
Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**
Garantující katedra: **Katedra přírodovědných oborů**
Studijní program: **Biomedicínská a klinická technika**
Studijní obor: **Optika a optometrie**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Frekvencované tvarové parametry současných měkkých kontaktních čoček

Název bakalářské práce anglicky:

Frequently used shape parameters of current soft contact lenses

Pokyny pro vypracování:

Vypracujte rešerši na téma tvarových parametrů současných kontaktních čoček. Zaměřte se zejména na čočky dostupné na českém trhu. Popište a diskutujte problematiku nevhodné aplikace kontaktní čočky z hlediska jejich tvarových parametrů a případné důsledky pro fyziologii rohovky a komfort nošení. Vypracujte aktuální tabulku kontaktních čoček běžně dostupných na našem trhu. Zhodnoťte šíři nabízených tvarových parametrů. Pomocí vhodných statistických nástrojů určete průměrné a nejčastěji zastoupené hodnoty tvarových parametrů. Na souboru vybraných čoček ověřte výrobci deklarované hodnoty tvarových parametrů v nezávislém pokusu jejich měření. Prošetřete možnosti a uveďte nabídku kontaktních čoček s mimořádnými parametry v rámci jiných evropských zemí.

Seznam doporučené literatury:

- [1] EFRON, N., Contact lens practice, ed. 3, Edinburgh: Elsevier, 2018, ISBN 978-0-7020-6660-3
- [2] PETROVÁ, S., MAŠKOVÁ, Z., JUREČKA T, Základy aplikace kontaktních čoček, ed. 2. přepra. a dopl., Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů v Brně, 2008, 219, ISBN 978-80-7013-470-2
- [3] PHILIPS, A.J., SPEEDWELL, L. ed., Contact lenses, ed. 6, Edinburgh: Elsevier, 2019, ISBN 978-0-7020-7168-3


Jméno a příjmení vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Jiří Michálek, CSc.

Jméno a příjmení konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **15.02.2021**

Platnost zadání bakalářské práce: **18.09.2022**


prof. RNDr. MUDr. Petr Maršálek, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) katedry


prof. MUDr. Jozef Rosina, Ph.D., MBA
podpis děkana(ky)

Název bakalářské práce: Frekventované tvarové parametry současných měkkých kontaktních čoček

Abstrakt:

Práce se zabývá vlastnostmi kontaktních čoček, především tvarovými parametry. Stručně popisuje anatomii rohovky, složení slzného filmu a mapuje historii kontaktních čoček. Věnuje se materiálům kontaktních čoček používaným v současnosti, obzvláště materiálům měkkých čoček. Popisuje tvarové parametry a vysvětluje jejich vzájemný vztah. Uvádí komplikace, které jsou způsobeny výběrem nevhodných tvarových parametrů. V další části obsahuje přehled měkkých kontaktních čoček, jež jsou běžně dostupné na českém trhu, a porovnává údaje o vybraných tvarových parametrech. Tyto vybrané parametry ověřuje přeměřeními.

Cílem práce bylo obsáhnout tvarové parametry čoček dostupných u nás a popsat jejich vliv při nesprávném výběru. Zároveň bylo zjišťováno, zda parametry uváděné výrobcem odpovídají skutečnosti.

Klíčová slova:

Kontaktní čočky, tvarové parametry kontaktních čoček, komplikace kontaktních čoček, kontaktní čočky na českém trhu

Bachelor's Thesis title: Frequently used shape parameters of current soft contact lenses

Abstract:

The thesis deals with properties of contact lenses, especially with their shape parameters. It briefly describes the anatomy of the cornea and the tear film and it maps the history of contact lenses. It deals with currently used materials of contact lenses, especially with materials of soft contact lenses. It describes shape parameters and explains the relationship between them. It shows complications caused by selection of inconvenient shape parameters. In another part it contains the summary of soft contact lenses commonly available on the Czech market and compares the data about selected material and shape parameters.

The aim of the work was to describe shape parameters of contact lenses available on the Czech market and describe their effect on the eye in case of inconvenient selection. At the same time, it was detected if parameters specified by distributors correspond to reality.

Key words:

Contact lenses, shape parameters of contact lenses, contact lens complications, contact lenses on the Czech market

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych ráda poděkovala svému vedoucímu práce, panu Ing. Jiřímu Michálkovi, CSc., za odborné vedení, poskytnutí materiálů a cenné rady.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „*Frekventované tvarové parametry současných měkkých kontaktních čoček*“ vypracovala samostatně a použila k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k práci.

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

.....

podpis

Obsah

1	Úvod.....	3
	TEORETICKÁ ČÁST.....	4
2	Rohovka a slzný film.....	5
2.1	Anatomie rohovky.....	5
2.2	Složení slzného filmu.....	6
3	Historický vývoj kontaktních čoček.....	7
4	Současné materiály kontaktních čoček.....	9
4.1	Tvrdé kontaktní čočky.....	11
4.2	Měkké kontaktní čočky.....	12
4.2.1	Hydrogelové.....	12
4.2.2	Silikonhydrogelové.....	13
5	Tvarové parametry kontaktních čoček.....	15
5.1	Zakřivení zadní plochy.....	15
5.2	Průměr kontaktní čočky.....	16
5.3	Průměr optické zóny.....	17
5.4	Středová tloušťka.....	17
5.5	Sagitální hloubka.....	17
6	Komplikace spojené s nošením kontaktních čoček.....	19
6.1	Komplikace způsobené výběrem kontaktní čočky s nevhodnými tvarovými parametry.....	19
7	Stanovení cílů a hypotéz.....	21
7.1	Hypotézy.....	21
	PRAKTICKÁ ČÁST.....	22
8	Kontaktní čočky běžně dostupné na českém trhu.....	23
8.1	Přehled kontaktních čoček dostupných na českém trhu.....	24
8.2	Zhodnocení šíře nabízených parametrů.....	34
8.2.1	Průměr.....	34
8.2.2	Zakřivení.....	36
8.3	Nabídka kontaktních čoček mimo běžně dostupné parametry.....	37
9	Použité metody a přístroje pro měření.....	39

9.1	Analyzátor kontaktních čoček	39
9.2	Tloušťkoměr	41
10	Výsledky měření.....	42
10.1	Výsledky měření průměru na analyzátoru kontaktních čoček.....	42
10.2	Výsledky měření zakřivení na analyzátoru kontaktních čoček	45
10.3	Výsledky měření středové tloušťky na tloušťkoměru	49
11	Diskuze	52
12	Závěr.....	55
	Seznam použité literatury	57
	Seznam symbolů a zkratk	62
	Seznam obrázků.....	63
	Seznam tabulek.....	64

1 Úvod

Kontaktní čočky jsou v současnosti často vyhledávanou korekční pomůckou, která nabízí svému nositeli mnohé výhody. Pokud je kontaktní čočka správně zvolená, může se jednat o komfortní alternativu k brýlím. Nabídka kontaktních čoček se na českém trhu rychle rozrůstá, odpovídá evropskému standardu a úspěšně následuje trendy v oblasti brýlové korekce. Jedná se proto o stále velmi oblíbený nástroj, jakým můžeme refrakční vady korigovat a výrazně tak zlepšit zrakovou ostrost. Díky současným technologiím je možné korigovat kontaktními čočkami nejen formy sférické ametropie, ale také astigmatismus či presbyopii.

Jednou z úloh optometristy u nás je zajištění výběru vhodné kontaktní čočky. Mezi faktory ovlivňující komfort kontaktních čoček pro klienta patří parametry rohovky, stav bulbární spojivky a její možná hyperémie, stav horní tarzální spojivky a také kvalita a množství slzného filmu. Všechny tyto faktory by měl optometrista zhodnotit při kontrole předního segmentu oka na štěrbinové lampě a včas odhalit případné kontraindikace.

Dalšími činiteli ovlivňujícími vhodnost dané kontaktní čočky jsou její parametry. Mezi ně patří jak parametry materiálové, ovlivňující například mechanické a optické vlastnosti, tak parametry tvarové, na něž se ve své práci zaměřuji. Těmi jsou zakřivení zadní plochy čočky, celkový průměr čočky, průměr optické zóny, středová tloušťka a sagitální hloubka.

V neposlední řadě patří mezi důležité faktory také péče, kterou klient kontaktním čočkám věnuje. Správná péče může minimalizovat možné komplikace při nošení a optometrista by měl její důležitost klientovi dostatečně zdůraznit a zdůvodnit a její dodržování vyžadovat při následných kontrolách. Při výběru konkrétního typu kontaktních čoček je třeba zohlednit i požadavky klienta a důvody, proč se pro tuto korekční pomůcku rozhodl.

Jako nositelka kontaktních čoček sama dobře vím, že je zapotřebí splnit všechny uvedené podmínky, aby bylo nošení kontaktních čoček bezpečné a opravdu příjemné a komfortní. Nevhodně zvolený typ kontaktní čočky může nositeli nejen způsobit pocit nepohodlí, ale ve svých důsledcích může vést až k nežádoucím zdravotním komplikacím, a to i relativně závažným.

TEORETICKÁ ČÁST

2 Rohovka a slzný film

2.1 Anatomie rohovky

Rohovka je transparentní, avaskulární a bohatě inervovaná optická tkáň představující mechanickou bariéru mezi vnějším prostředím a komorovou vodou. Tvoří přední část tunica fibrosa oculi a se svou optickou mohutností 43 D je nejsilnější lomivou plochou optického aparátu. Má tvar rozptylné čočky, v centrální části je její tloušťka okolo 560 μm , v periférii 650–1000 μm . Nejtlustší je oblast limbu, kde rohovka přechází ve skléru. Průměr rohovky je v horizontálním směru 11–12 mm, vertikálně 10–11 mm. [1; 2]

Pro aplikaci kontaktních čoček je důležité znát zakřivení přední plochy rohovky. Přední plocha rohovky je konvexní a asférická a její statisticky průměrný poloměr zakřivení je 7,7 mm. U jednotlivých klientů se však liší. O sférické zakřivení se jedná jen v centrální části rohovky o průměru 3–4 mm, směrem k periférii rohovky se poloměr zakřivení zvětšuje. Toto oplošťování nazýváme excentricitou rohovky. Změna zakřivení se liší v různých rohovkových řezech, obvykle je větší nasálně než temporálně. Vertikální meridián bývá zpravidla lomivější, to odpovídá fyziologickému rohovkovému astigmatismu (astigmatismus podle pravidla). Za strmou považujeme takovou rohovku, jejíž poloměr zakřivení je nižší než 7,4 mm. Za plochou rohovku můžeme označit rohovku s poloměrem zakřivení vyšším než 8,2. [3]

Rohovka se skládá z 5 vrstev. Vrchní vrstvu tvoří 4–6vrstevný epitel, který představuje bariéru chránící oko před možností vniknutí infekce. Vyznačuje se vysokou schopností regenerace, jeho buňky se obnovují v průměru každých 7 dní. Zaujímá 10 % z celkové tloušťky rohovky. Na povrchu epitelu můžeme nalézt mikroklky, jež umožňují přilnutí mucinové vrstvy slzného filmu. [4]

Bowmanova vrstva odděluje epitel od rohovkového stromatu. Jedná se o 8–12 μm tenkou blanku tvořenou kolagenními fibrilami, které nejsou pravidelně uspořádány. Vzhledem k absenci regenerační schopnosti způsobí při poškození jizvu na rohovce. [1; 5]

Rohovkové stroma představuje více než 90 % tloušťky rohovky. Je tvořeno kolagenními fibrilami pravidelně uspořádanými do 300–500 rovnoběžných lamel. Toto uspořádání má vliv na transparentnost rohovky. Obsah vody ve stromatu je 76–80 %, zásobení vodou zajišťuje Bowmannova vrstva a Descemetova membrána. [1; 4; 6]

Descemetova membrána je tenká přibližně 10 μm a oproti Bowmanově membráně má schopnost regenerace. Je tvořena mřížkou kolagenních fibril a obsahuje velké množství glykoproteinů zajišťujících snadnější přilnutí k endotelu rohovky. [1; 6]

Poslední vrstvou rohovky je jednovrstevný rohovkový endotel. Tvoří ho přibližně 400 000 polygonálních (především hexagonálních) buněk tloušťky 4–6 μm . Buněčná hustota je 2600–3000 buněk/ mm^2 . Endotel nemá regenerační schopnost, tudíž se hustota buněk věkem snižuje. Stávající buňky zvětšují svůj objem a nahrazují tak poškozenou tkáň. Endotel zajišťuje průhlednost a konstantní hydrataci rohovky. Klesne-li hustota buněk pod hranici 500 buněk/ mm^2 , není endotel schopen zajišťovat správnou funkci a dochází k edému rohovky. [1; 3; 7]

2.2 Složení slzného filmu

Epitel rohovky je pokryt slzným filmem. Slzný film je komplexní tekutina, mezi jehož hlavní funkce patří ochrana rohovky a spojivky, výživa a hydratace rohovky a dotváření hladkého povrchu rohovky vyplněním nerovností na epitelu rohovky. Obsahuje imunologicky aktivní látky, mezi nejdůležitější z těchto látek patří lysozym. Tloušťka slzného filmu je 7 μm a je složen ze tří vrstev. [1]

Nejsvrchnější vrstvou je vrstva lipidová o tloušťce 0,5 μm . Produkují ji Meibomovy žlázy a hlavní součástí jsou estery cholesterolu. Zabraňuje odpařování vodné složky slzného filmu a zajišťuje hladký optický povrch rohovky. [8; 9]

Vodní (hydrofilní) vrstva je tvořena sekrecí Krauseho a Wolfringových slzných žláz ve spojivce a zajišťuje imunitní funkci. Obsahuje zejména lysozym a imunoglobuliny IgA, IgG, IgM, IgE. [1; 8]

Mucinovou vrstvu produkují pohárkové buňky spojivky. Doléhá přímo na rohovku, zajišťuje snadnější přilnutí k mikroklkům na rohovkovém epitelu a dobré rozprostření slzného filmu na rohovce.

3 Historický vývoj kontaktních čoček

První podklady pro vynález kontaktních čoček se datují do roku 1508, kdy Leonardo da Vinci popsal změnu optické mohutnosti rohovky při ponoření oka do vody. Na tuto myšlenku navázal v roce 1637 René Descartes popsáním prvního zařízení předcházejícího kontaktní čočce. Toto zařízení sestávalo ze skleněné trubice zakončené čirým sklem, která byla naplněna kapalinou a přikládala se přímo na rohovku. Zařízení znemožňovalo mrkání, tudíž bylo značně nepraktické. Jeho princip ale roku 1801 využil Thomas Young při sestavení kapalinou naplněné trubice, která již byla širší a mohla se přikládat přímo k orbitě. Roku 1845 popsal Sir John Herschel způsob, jakým korigovat velmi nepravidelnou rohovku. Metoda sestávala z použití sférické skleněné čočky přiložené k rohovce pomocí transparentního gelu živočišného původu. [10; 11; 12]

Na konci 80. let 19. století probíhalo v Evropě souběžně několik výzkumů zaměřených na skleněné kontaktní čočky. První z nich prováděl německý oftalmolog Adolf Eugene Fick. Jeho afokální sklerální kontaktní čočky nasadil nejprve králíkovi, a poté aplikaci zopakoval i na skupině šesti dobrovolníků, z nichž jeden měl keratokonus. Na svých pacientech vyzoroval také to, že poloměr zakřivení rohovky je strmější než poloměr zakřivení sklery, a popsal postupné oplošťování spojivky směrem od rohovky. [11; 12]

Dalším jménem spojeným se skleněnými čočkami je Eugene Kalt. Tento francouzský oftalmolog aplikoval v roce 1889 afokální sklerální skleněné čočky dvěma pacientům s keratokonem. U obou pacientů zaznamenal významné zlepšení zrakové ostrosti. [11; 12]

August Müller, student posledního ročníku medicíny na univerzitě v Kielu, popsal ve své diplomové práci korekci vlastní vysoké myopie skleněnými korneálními kontaktními čočkami. I přes značný diskomfort při nošení dosáhl zlepšení zrakové ostrosti, a zhotovil tak první kontaktní čočky korigující refrakční deficit.

Roku 1936 představila v USA společnost Rohm and Haas transparentní materiál poly(methylmethakrylát) (PMMA). Téhož roku popsal William Feinbloom sklerální čočku, jež nejprve sestávala ze skleněné středové části a opakní okrajové části z PMMA. Později už se vyráběly soustružením pouze z PMMA. [12; 13]

Dalším mezníkem byl rok 1948 a vynález korneálních čoček. Stála za ním chyba optického technika Kevina Tuohy, jemuž se při obrábění čočky oddělila její korneální část. Po vyleštění okrajů a následné aplikaci na vlastní myopické oko zjistil, že tato kontaktní čočka je poměrně dobře snášena. [12]

Průlomem ve vývoji kontaktních čoček byl vynález měkkých kontaktních hydrogelových čoček profesora Otto Wichterleho. Jeho myšlenku řídice zesíťovaného syntetického hydrofilního gelu začali realizovat spolu s Drahoslavem Límem a v roce 1953 syntetizovali první hydrogelové materiály. V lednu roku 1960 publikovali O. Wichterle a D. Lím článek „Hydrophilic gels for biomedical use“ v časopisu Nature. O rok později sestavil O. Wichterle přístroj, jenž umožňoval výrobu kontaktních čoček metodou odstředivého lití. První hydrogelové kontaktní čočky byly na trh uvedeny roku 1972 firmou Bausch & Lomb. [14; 15]

O dva roky později se začaly prodávat také tvrdé plynopropustné (rigid gas-permeable – RGP) čočky. Oproti tvrdým nepropustným čočkám pouze z PMMA byly do jejich struktury začleněny také silikonové komonomery (siloxanylmethakryláty s krátkými silikonovými řetězci končenými methakrylovou skupinou) zajišťující propustnost pro kyslík. [12; 16]

Do roku 1988 bylo obvyklé nosit pár měkkých kontaktních čoček do doby, kdy to jejich optické a mechanické vlastnosti dovolaly. Zpravidla to bylo více než jeden až dva roky, někdy i déle. Takto dlouhý interval výměny ale vedl k nežádoucím důsledkům, často ke komplikacím. Roku 1988 byl tento problém minimalizován představením čoček s plánovanou výměnou (čtrnáctidenní, měsíční). V roce 1994 uvedla společnost Johnson & Johnson na trh čočky jednodenní, jež jsou i v dnešní době obecně považovány z hlediska fyziologie a zdraví rohovky za nejvhodnější. [12]

V roce 1998 byl představen doposud nejnovější materiál pro výrobu kontaktních čoček – silikonhydrogel. Materiál zajišťující vysokou propustnost pro kyslík se stal pro své vlastnosti velmi rychle oblíbeným. V současnosti známe již 3. generace silikonhydrogelových čoček nabízejících širokou škálu využití. [12; 14]

4 Současné materiály kontaktních čoček

Kontaktní čočky tvoří na rohovce mechanickou bariéru pro její normální metabolismus, proto je v současné době kladen velký důraz na volbu materiálu, který by měl mít zejména vysokou propustnost pro kyslík, měl by být zdravotně nezávadný, dobře snášenlivý a měl by mít minimální dispozice k ukládání depozit, stejnou smáčivost a dobré mechanické a další transportní vlastnosti. [17]

Materiály kontaktních čoček můžeme rozřadit podle několika různých dělení. Původním rozdělením podle M. Refojo bylo řazení na tvrdé a měkké kontaktní čočky, které se dále dělily na hydrofilní a hydrofobní. Toto dělení však s pokračujícím vývojem kontaktních čoček přestalo být dostačující. [18]

Nověji dělíme materiály kontaktních čoček na:

- Tvrdé plynopropustné (RGP materiály)
- Tvrdé nepropustné (sklo, PMMA)
- Hydrogelové standartní
- Hydrogelové výšeboťnavé
- Silikonhydrogelové

V současnosti už se toto dělení často opět zjednodušuje pouze na RGP čočky, hydrogely a silikonhydrogely. [19]

Další řazení vychází z mezinárodní klasifikace Asociace výrobců kontaktních čoček (ACLM). Ten rozděluje materiály na FOCON (tvrdé) a FILCON (měkké). Do těchto dvou kategorií se materiály dělí na základě charakteristických chemických skupin, které obsahují. [17]

Tab. 1 Materiály pro tvrdé kontaktní čočky (FOCON) [12; 17; 19]

Skupina 1a	Prakticky čistý polymethylmethakrylát (PMMA)
Skupina 1b	Kopolymery PMMA s maximálně 10 % jiných monomerů, které mohou měnit tvrdost, botnavost a stabilitu původního materiálu
Skupina 2a	Prakticky čistý acetobutyrát celulosy (CAB)
Skupina 2b	Kopolymery nebo směsi homopolymerů CAB a jiných monomerů
Skupina 3	Kopolymery jednoho nebo více alkylmethakrylátů s jedním nebo více siloxanymethakryláty, plus jiné monomery (smáčivé) a síťovadlo
Skupina 4	Materiály pro tvrdé kontaktní čočky tvořené polysiloxany
Skupina 5	Kopolymery jednoho nebo více alkylmethakrylátů a/nebo siloxanymethakrylátů, plus jiné monomery (smáčivé), síťovadlo a minimálně 5 hmotnostních procent fluoroalkylmethakrylátů nebo jiných fluor obsahujících monomerů

Tab. 2 Materiály pro měkké kontaktní čočky (FILCON) [12; 17; 19]

Skupina 1a	Prakticky čistý poly(2-hydroxyethylmethakrylát) (polyHEMA), obsahující méně než 0,2 hmotnostního procenta ionizovatelných složek
Skupina 1b	Prakticky čistý polyHEMA, obsahující více než 0,2 hmotnostního procenta ionizovatelných složek
Skupina 2a	Kopolymer HEMA a/nebo jiných hydroxyalkylmethakrylátů, dihydroxyalkylmethakrylátů a alkylmethakrylátů, obsahující méně než 0,2 hmotnostního procenta ionizovatelných složek
Skupina 2b	Totéž jako skupina 2a, ale obsahující více než 0,2 hmotnostního procenta ionizovatelných složek
Skupina 3a	Kopolymer HEMA s N-vinylaktamem a/nebo alkylakrylamidem, obsahující méně než 0,2 hmotnostního procenta ionizovatelných složek
Skupina 3b	Totéž jako skupina 3a, ale obsahující více než 0,2 hmotnostního procenta ionizovatelných složek
Skupina 4a	Kopolymer alkylmethakrylátu a N-vinylaktamu a/nebo alkylakrylamidu, obsahující méně než 0,2 hmotnostního procenta ionizovatelných složek
Skupina 4b	Totéž jako skupina 4a, ale obsahující více než 0,2 hmotnostního procenta ionizovatelných složek
Skupina 5	Materiály pro měkké kontaktní čočky tvořené polysiloxany

Jednodušší je řazení materiálů podle FDA do čtyř kategorií podle toho, zda jsou ionogenní či ne, a zda jsou botnavující méně než 50 %, nebo výšebotnavé.

Tab. 3 Dělení materiálů podle FDA [12; 19; 20]

Skupina I	Neionogenní polymery s botnavostí do 50 %
Skupina II	Neionogenní polymery s botnavostí nad 50 %
Skupina III	Ionogenní polymery s botnavostí do 50 %
Skupina IV	Ionogenní polymery s botnavostí nad 50 %

4.1 Tvrdé kontaktní čočky

Tvrdé nepropustné kontaktní čočky mají dnes už jen historický význam. Tvrdé čočky ze skla představují první reálné kontaktní čočky tak, jak je známe dnes. Původní skleněné čočky byly ve 30. letech 20. století nahrazeny tvrdými kontaktními čočkami vyráběnými z poly(methylmethakrylátu) (PMMA). Ty zase představují první čočky z polymerního materiálu, které se dočkaly značného rozšíření a jejich výrobu už můžeme označit za průmyslovou. PMMA se připravuje radikálovou polymerizací methylmethakrylátu (methyl-esteru kyseliny methakrylové) a byl oblíbený pro svou dobrou snášenlivost a výborné optické vlastnosti. Jeho nepolární povrch navíc snižoval tvorbu usazenin. Nevýhodou však byla prakticky nulová propustnost pro kyslík a vodorozpustné látky. [12; 21]

Roku 1974 byly na trh uvedeny plynopropustné (rigid gas-permeable – RGP) čočky. Čočky vyrobené z těchto materiálů, jak vyplývá z jejich názvu, jsou velmi dobře propustné pro kyslík a v některých zemích jsou stále velmi oblíbené (Japonsko, Francie, Nizozemí, Německo), přesto i tam jejich aplikace tvoří maximálně 10–30 % případů. Pro Českou republiku se uvádí do 4 % aplikací tvrdých čoček. [22] RGP čočky se používají pro pacienty s keratokonem, významné jsou také pro korekci nepravidelného astigmatismu. S nástupem torických a multifokálních měkkých kontaktních čoček se rekrutuje méně nových nositelů RGP čoček, protože měkké čočky jsou oproti nim, zejména prvonositeli, lépe a rychleji tolerovány. Dnes se pro výrobu RGP čoček používají především kopolymery alkylnmethakrylátů se siloxanylmethakryláty, případně s fluorovanými nebo perfluorovanými (meth)akryláty nebo fluorosiloxanylmethakryláty. [3; 12; 14; 19; 21]

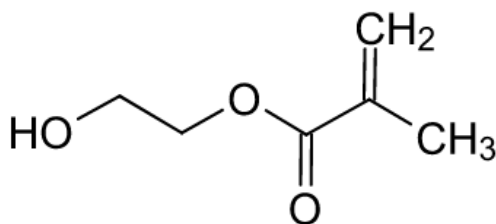
4.2 Měkké kontaktní čočky

Měkké kontaktní čočky nosí v České republice naprostá převaha (více než 95 %) klientů. [14] Vděčí za to snadnější aplikaci a větší dostupnosti v důsledku možnosti sériové výroby. Největší posun zaznamenaly v posledních dvou dekadách, jednak díky vývoji silikonhydrogelových materiálů nabízejících vysokou propustnost pro kyslík, jednak díky novým designům rozšiřujícím základnu potenciálních klientů (torické a multifokální čočky).

4.2.1 Hydrogelové

Myšlenku použít pro oftalmologické aplikace měkké hydrofilní gely (hydrogely) realizoval profesor Otto Wichterle se svým tehdejším doktorandem, Drahoslavem Límem, na počátku druhé poloviny 20. století. Zkoušeli radikálovou polymerizací syntetizovat různé hydrofilní polymery. Z široké škály pokusů se, nejprve dílem šťastné náhody, ale podpořené systematickou vědeckou prací, podařilo cíleně připravit transparentní hydrogely na základě monomeru 2-hydroxyethyl-methakrylátu (obr.1), řídce zesíťovaného ethylendimethakrylátem (EDMA), v množství kolem 0,5 % vztaženo na monomer. Vznikl tak polymer PHEMA (polyHEMA), přesněji kopolymer HEMA-co-EDMA, jenž se stal základem nejen pro hydrogelové kontaktní čočky, ale i pro řadu dalších biomedicínských aplikací. [1; 14; 23]

Díky hydroxylovým skupinám (každá monomerní jednotka HEMA nese jednu -OH skupinu) je polymerní síť PHEMA schopna vázat do své struktury vodu. Běžné hydrogely na bázi HEMA mají rovnovážný obsah vody 36–38 %. Na rozdíl od částečně hydrofilního monomeru HEMA je síťovadlo EDMA zcela hydrofobní. Aby byla zajištěna dostatečná homogenita sítě, nahrazuje se někdy EDMA síťovadlem triethylenglykoldimethakrylátem (TEGDMA).[14; 17; 19; 20; 23]



Obr. 1 2-hydroxyethyl-methakrylát (HEMA) [24]

V současné době se samotná HEMA pro výrobu kontaktních čoček již téměř nepoužívá. Většina dnešních hydrogelů patří mezi výšeboťnavé a tvoří je buď kopolymery HEMA s dalšími monomery, které zlepšují jejich botnací a transportní vlastnosti, nebo kopolymery N-vinylpyrrolidonu s alkylmethakryláty nebo alkylakrylamidy. Prvním z monomerů, který byl pro kopolymerizaci s HEMA použit s cílem zvýšit rovnovážný obsah vody ve výsledném gelu,

je právě N-vinyl-pyrrolidon. Mezi další často užívané monomery se řadí kyselina methakrylová nebo glycerolmethakrylát. [12; 19; 20]

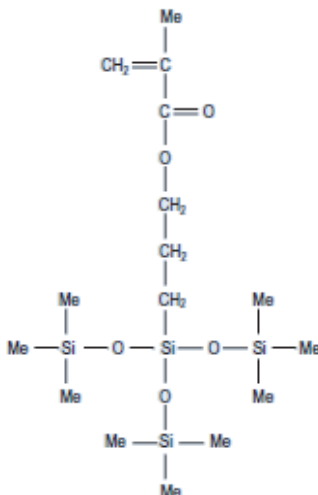
4.2.2 Silikonhydrogelové

S rostoucím obsahem vody roste u hydrogelů propustnost pro kyslík. Ta má však svou limitu. Nemůže být vyšší, než by měla čočka vyrobená pouze z vody. Takovou čočku za prvé nelze vyrobit, za druhé by její transmisibilita stejně nedosahovala hodnot potřebných pro možnost přespání s čočkou nasazenou v oku. Poptávka po čočkách určených k prodlouženému nebo dokonce kontinuálnímu nošení byla impulsem pro vývoj nového materiálu, jenž by díky své struktuře nabízel lepší transportní vlastnosti. Jako řešení posloužily již dříve používané polysiloxanové řetězce, polysiloxanymethakryláty známé z RGP čoček. Spojením hydrofilní (hydrogelové) a hydrofobní (silikonové) struktury vznikly první silikonhydrogelové čočky, které byly uvedeny na trh roku 1998. Vysokou propustnost pro kyslík zajišťují volně otáčivé Si – O vazby. Nevýhodou silikonhydrogelových materiálů je tendence k ukládání lipidových depozit. [19; 25; 26]

Silikonhydrogely prošly od svého vzniku určitým vývojem a v současné době hovoříme o jejich třetí generaci. Do první generace (1998) řadíme materiály balafilcon A a lotrafilcon A. Balafilcon A je založený na kopolymeru karbamátem substituované TRIS struktury (TPVC) s N-vinyl-pyrrolidonem. Balafilcon A použila firma Bausch & Lomb pro výrobu kontaktních čoček PureVision. Materiál lotrafilcon A vzniká kopolymerizací siloxanového monomeru s TRIS strukturou (obr. 2) a N,N-dimethyl akrylamidem (DMA). Z tohoto materiálu byly zhotoveny čočky Focus Night and Day (dnes Air Optix Night and Day) firmy Ciba Vision (dnes Alcon). Oba jmenované typy čoček byly určeny pro 30denní kontinuální nošení. Nevýhodou první generace silikonhydrogelů byla vyšší tuhost (vyšší hodnoty modulu pružnosti) způsobená krátkými polysiloxanovými řetězci TRIS struktury. Pro nízký obsah vody v materiálu a částečně hydrofobní povrch bylo nutné oba typy čoček této generace dodatečně povrchově upravovat k zajištění rovnoměrné smáčivosti. [12; 19; 25; 27]

Druhá generace silikonhydrogelů (2004) vznikla jako odezva na problémy generace přechozí. Materiál lotrafilcon B je odvozen od lotrafilconu A, tvoří ho stejné komponenty, ale poměr mezi nimi je posunut ve prospěch hydrofilní složky. Výsledné čočky měly vyšší obsah vody a nižší hodnoty modulu pružnosti, ovšem za cenu nižších hodnot permeability, respektive transmisibility. Stále byla nutná povrchová úprava. Z lotrafilconu se vyráběly a dosud vyrábějí kontaktní čočky Air Optix. Druhým zástupcem této generace byly čočky Acuvue Advance

firmy Johnson & Johnson. Jejich materiál, galyfilcon A, je založen na kombinaci PHEMA, DMA, modifikované TRIS struktury a silikonového makromeru. U tohoto materiálu, vzhledem k jeho celkovému obsahu vody, nebylo nutné použít dodatečných úprav. [12; 19; 25]



Obr. 2 TRIS struktura [12]

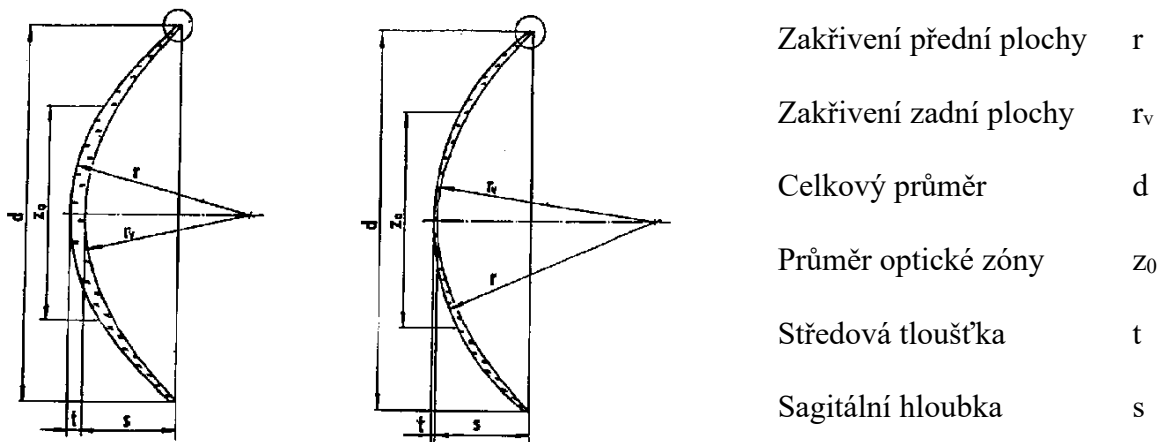
Materiály 3. generace (2006) již nejsou založeny na TRIS struktuře, ale tvoří je pouze dlouhé polysiloxanové řetězce, které mají přímo ve své struktuře zabudované vhodné polární skupiny, jež prostřednictvím vodíkových můstků dokáží vázat vodu. Díky dlouhým ohebným polysiloxanovým řetězcům jsou měkčí (nižší hodnoty modulu pružnosti) a mají vysokou propustnost pro kyslík. Z důvodu zabudovaných polárních skupin mají i vyšší obsah vody. Zpravidla nebývají povrchově modifikovány, ale obsahují nějaké vnitřní zvlhčovač, například řetězcem nezabudovaného polyvinylpyrrolidonu (PVP). Mezi zástupce patří comfilcon A a enfilcon A. Jedná se o materiály tvořené složitými kopolymery, vzniklými hlavně kombinací makromonomerů, ale i nízkomolekulárních látek. [12; 25]

5 Tvarové parametry kontaktních čoček

Kontaktní čočka je předmět v přímé interakci s povrchem oka, proto důležitým faktorem ovlivňujícím komfort nošení, minimalizaci komplikací a stálost visu je nejen výběr materiálu, ale také vhodných tvarových parametrů. Cílem je korekce refrakční vady při maximálním komfortu nošení a minimalizaci hypoxického a mechanického stresu, jimiž čočka na rohovku působí. Požadavkem je zamezit správným výběrem tvarových parametrů nežádoucím otlakům a deformacím rohovky.

Mezi tvarové parametry (obr. 3) patří:

- Zakřivení zadní plochy
- Celkový průměr kontaktní čočky
- Průměr optické zóny
- Středová tloušťka
- Sagitální hloubka



Obr. 3 Schéma tvarových parametrů spojné a rozptylné čočky [17]

5.1 Zakřivení zadní plochy

Zakřivení (radius) zadní plochy (back optic zone radius – BZOR, back central optic radius – BCOR) nám říká, jakým způsobem bude čočka doléhat na rohovku. Jedná se zpravidla o první parametr, který měníme, pokud čočka nesedí na oku tak, jak by měla. Zakřivení přední plochy udává, zda půjde o čočku spojnou nebo rozptylnou a určuje její optickou mohutnost. Obě plochy mohou mít jak sférický, tak asférický tvar. Sférická plocha je taková plocha, která má ve všech bodech stejnou hodnotu poloměru křivosti. Asférická plocha oproti tomu

nevychází z rovnoměrného vyklenutí, ale poloměr zakřivení se zde plynule mění směrem od centra k periférii. [1; 28]

U hydrogelových čoček vybíráme zakřivení běžně o 1 mm větší, než je zakřivení nejploššího meridiánu rohovky. U silikonhydrogelových čoček tento výpočet už zpravidla nepoužíváme. Běžně se setkáme s čočkami se zakřivením 8,3 – 9 mm.

Pro správnou aplikaci by zakřivení kontaktní čočky nemělo být ani příliš vysoké, ani příliš nízké vzhledem ke konkrétní rohovce klienta. V případě velkého poloměru zakřivení je sezení čočky vyhodnoceno jako volné, malý poloměr je oproti tomu příčinou těsné aplikace. Správné zakřivení kontrolujeme prohlédnutím čočky na rohovce při pohybu oka během vyhodnocování na šterbinové lampě, zejména pak push-up testem. Pohyb čočky by měl být zhruba o 0,5–1 mm.

Tvar vnitřní plochy čočky se obvykle skládá z několika křivek. Podle toho můžeme kontaktní čočky rozdělit na:

- Jednokřivkové – vnitřní plocha je sférická (tedy má jen jeden poloměr zakřivení), anebo asférická
- Dvoukřivkové – v periferní části je čočka plošší než v její centrální (optické) části, vnitřní plocha se skládá ze dvou sférických ploch
- Vícekřivkové – čočka je tvořena více než dvěma sférickými plochami

Nejběžnější je buď sférické dvoukřivkové uspořádání, nebo jedna asférická křivka. [1; 29]

5.2 Průměr kontaktní čočky

Zvolení správného průměru kontaktní čočky závisí na celkovém průměru rohovky. Ten můžeme odhadnout podle HVID (horizontal visible iris diameter). Celkový průměr rohovky je pak přibližně o 1,25 mm větší než HVID. Pro určení správného průměru kontaktní čočky neexistuje přesné pravidlo, měl by být ale větší než HVID zhruba o 1,5–2,5 mm. Dříve se měkké kontaktní čočky vyráběly v několika průměrech, v dnešní době jsme však při výběru konkrétního typu čočky velmi limitováni omezeným množstvím vyráběných parametrů (jak průměru, tak i zakřivení) v nabídce jednotlivých výrobců. [11; 30]

Měkké kontaktní čočky se běžně vyrábí o průměru v rozmezí 13,8–14,6 mm. Většina výrobců vyrábí ale konkrétní typy pouze v jednom průměru, proto, pokud tento průměr nesedí, je třeba přistoupit k výběru jiného typu čočky.

Vždy musíme dbát na to, aby měkká kontaktní čočka pokrývala svým průměrem i při pohybu oka celou plochu rohovky. Příliš malý průměr může při pohybu oka dráždit limbus a způsobovat pocit cizího tělíska v oku. Při zvolení příliš velkého průměru může oproti tomu čočka způsobovat otlaky v horní části rohovky, které můžeme pozorovat po obarvení fluoresceinem na šterbinové lampě. Nadměrně velký průměr také komplikuje aplikaci a může docházet k častější decentraci v důsledku tlaku očních víček. [31; 32]

5.3 Průměr optické zóny

Šíře zornice závisí na řadě faktorů, mezi které patří např. intenzita osvětlení, věk, akomodace oka a stav adaptace sítnice. Normální šíře zornice se pohybuje mezi 2–5 mm. Průměr optické zóny by neměl být menší než 8 mm, aby pokryl celou zornici i v mydriáze. [2; 33]

Průměr optické zóny se odvíjí také od optické mohutnosti čočky. Platí, že čím větší optická mohutnost, tím se zmenšuje průměr optické zóny. Z toho vyplývá, že změnou průměru optické zóny můžeme při zachování stejné optické mohutnosti měnit a optimalizovat tloušťku čočky. [34]

5.4 Středová tloušťka

Středová tloušťka je důležitá z hlediska vlivu na transportní parametry čočky, především propustnost pro kyslík (transmisibilitu – Dk/t). Hydrofilní čočky s rovnovážným obsahem vody 50–59 % jsou vyráběny se středovou tloušťkou 0,06–0,10 mm, čočky s vyšším obsahem vody (>60 %) mívají běžně tloušťku 0,10–0,18 mm. [12]

Tloušťkový profil vychází z optické mohutnosti čočky. Jak bylo uvedeno v kapitole 5.3, tloušťkový profil v optické zóně lze upravit změnou průměru optické zóny. Optimalizace tloušťkového profilu čočky je důležitá pro komfortnější nošení a snadnější manipulaci. Čočky s větší okrajovou tloušťkou vykazují zpravidla volnější aplikaci oproti čočkám s nižší okrajovou tloušťkou, přestože jejich design je podobný. [12]

5.5 Sagitální hloubka

Sagitální hloubka (sagita, svislá výška) je vzdálenost od středu zadní plochy čočky k rovině spojující její okraje. Platí, že při stejném průměru je sagitální hloubka u plošší čočky (s větším zakřivením) nižší, než je tomu u čočky strmější (s menší hodnotou zakřivení). Stejně tak velikost sagitální hloubky závisí na změně průměru při stejném zakřivení. Se zvyšujícím se průměrem se zvyšuje i sagitální hloubka kontaktní čočky. Důležitým faktorem, určujícím velikost sagitální hloubky, je celkový design zadní plochy čočky. [34]

Známe-li průměr i zakřivení kontaktní čočky, můžeme sagitální hloubku sférické kontaktní čočky vypočítat ze vztahu:

$$r^2 = \left(\frac{d}{2}\right)^2 + (r - s)^2 \quad (1)$$

kde r poloměr zakřivení vnitřní plochy
 d celkový průměr čočky
 s sagitální hloubka.

6 Komplikace spojené s nošením kontaktních čoček

S nošením kontaktních čoček je spojeno množství různých komplikací, které mohou zapříčinit poškození oka. Tyto komplikace můžeme rozdělit do čtyř skupin [3]:

- Mechanická poškození – v důsledku špatně zvolených tvarových parametrů, poškozených okrajů kontaktní čočky nebo neopatrné manipulace
- Poruchy rohovkového metabolismu – způsobeny hypoxií nebo hyperkapnií, mezi projevy patří edém rohovky, zřasení Descemetovy membrány či poškození rohovkového endotelu
- Alergické a toxické reakce – neinfekční komplikace, jako např. gigantopapilární konjunktivitida nebo alergická reakce na některé složky víceúčelových roztoků
- Zánětlivé komplikace – řadíme zde infekce bakteriálního, virového a plísňového původu

6.1 Komplikace způsobené výběrem kontaktní čočky s nevhodnými tvarovými parametry

Jak již bylo uvedeno, správně zvolená kontaktní čočka, ať z hlediska materiálu, nebo z hlediska tvarových parametrů, by měla mít na rohovku a její normální fyziologii co nejmenší vliv. Toho lze dosáhnout minimalizací hypoxického a mechanického stresu, kterými čočka na rohovku může působit. Nevhodně zvolené tvarové parametry mohou být příčinou obou. Prvním z předpokladů úspěšné aplikace je vhodný průměr čočky. Již v kapitole 5.2 jsem uvedla, že příliš malý průměr způsobuje při pohybu oka dráždění limbu. Oproti tomu čočka o příliš velkém průměru může způsobovat otlaky v horní části rohovky.

Dalším faktorem, který může zapříčinit komplikace související s nošením čoček s nevhodnými tvarovými parametry, je špatně zvolené zakřivení zadní plochy. Těsná aplikace způsobená malým poloměrem zakřivení, respektive nevhodnou kombinací zakřivení a průměru čočky, se sice klientovi může zdát zprvu komfortní, avšak při dlouhodobém nošení může vést k hypoxii a na rohovce a spojivce mohou objevit otlaky. Často dochází k limbálnímu překrvení (obr. 4). Pokračovat může až nařasením Descemetovy membrány či poškozením endotelové vrstvy. Méně nebezpečné je zvolení většího poloměru zakřivení, v tomto případě bude ale sezení kontaktní čočky volné a pro klienta nekomfortní. Při pohybu oka dochází i k časté

decentraci čočky v důsledku jejího přílišného pohybu na oku. Klientovi proto bude volná aplikace nejen nepříjemná, ale může být také důvodem zhoršené zrakové ostrosti. [1; 3; 35; 36]



Obr. 4 Stupně limbálního podráždění podle Efrona [37]

Komplikace spojené s nevhodně zvolenými parametry vznikají ze dvou obecných příčin. V menší míře je to špatná práce kontaktologa, ať už způsobená chybou v měření tvarových parametrů rohovky, nebo nevhodnými tvarovými parametry jím doporučené kontaktní čočky. Častěji se potýkáme s problémem nevhodné aplikace v důsledku internetového prodeje čoček bez předchozího řádného odborného vyšetření klienta, především z důvodu omezené nabídky tvarových parametrů distribuovaných měkkých kontaktních čoček.

Při rozšíření výroby hydrogelových kontaktních čoček v osmdesátých letech minulého století došlo i k rozšíření nabídky jejich jednotlivých tvarových parametrů. Např. firma Bausch & Lomb měla v roce 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 hodnotách zakřivení od 7,2 do 8,7 mm a o 6 různých průměrech od 13 do 15,5 mm. [38]

Se zavedením čoček s plánovanou výměnou, nejkuli jednorázových čoček, došlo k masivnímu zvýšení výroby a zavedení technologie lití do uzavřené formy (cast molding) jako převážně využívané výrobní metody. Pro její zefektivnění došlo na konci 20. století k výraznému omezení variability některých tvarových parametrů čoček. Umožnila to i vyšší mechanická flexibilita výšeboťnavých hydrogelových materiálů. [39]

Pokud má klient nestandardní parametry rohovky, pak v běžné nabídce a v přijatelných cenových relacích získá čočku, která mu nesedí a lze u něj s vysokou mírou jistoty očekávat komplikace spojené s nošením čoček s nevyhovujícími tvarovými parametry.

7 Stanovení cílů a hypotéz

Prvním cílem mé bakalářské práce bylo sestavit přehled kontaktních čoček, jež jsou běžně nabízeny na našem trhu, a doplnit ho o dostupné parametry tak, jak je výrobci udávají.

Druhým cílem bylo z těchto údajů určit průměrné a nejčastěji zastoupené hodnoty tvarových parametrů a zhodnotit jejich šíři v nabídce na českém trhu.

Dalším stanoveným cílem bylo proměřit na vybraném vzorku čoček jejich tvarové parametry (průměr, zakřivení a středovou tloušťku), a následně tyto hodnoty porovnat s údaji, jež deklarují výrobci.

Posledním cílem bylo zjistit dostupnost kontaktních čoček s parametry, které se vymykají běžně dostupným hodnotám.

7.1 Hypotézy

1. Relativní odchylka naměřených hodnot průměrů kontaktních čoček nebude vyšší než 1 %.
2. Naměřené hodnoty zakřivení kontaktních čoček budou v 95 % odpovídat údajům uváděných výrobcí.
3. Naměřené hodnoty středové tloušťky kontaktních čoček budou v 95 % odpovídat údajům uváděných výrobcí.

PRAKTICKÁ ČÁST

8 Kontaktní čočky běžně dostupné na českém trhu

V současné době nalezneme na českém trhu širokou škálu měkkých kontaktních čoček. Největší nabídka je v segmentu jednoohniskových sférických kontaktních čoček, které korigují sférické ametropie a nízké hodnoty astigmatismu do 0,50 D. Dioptrický rozsah se u jednotlivých výrobců liší, obvykle se jedná o rozmezí zhruba od -12,0 D do + 6,0 D. Běžně dostupné jsou u nás ale i čočky torické pro korekci astigmatismu a čočky multifokální pro korekci presbyopie. I díky tomu nosí v České republice čočky přibližně 10 % populace. [40]

Hodnoty cylindru u torických čoček začínají na -0,75 D a jsou odstupňované po 0,5 D. Nejvyšší možnou cylindrickou hodnotou bývá zpravidla -2,25 D, i toto číslo se ale liší v závislosti na zvoleném výrobcu a typu čočky. U multifokálních čoček se adice pohybuje obvykle v rozmezí od +0,75 do +2,5 D. Vyšší hodnoty adice nabízí například Proclear Multifocal XR od firmy CooperVision.

Nejširší nabídku měkkých kontaktních čoček najdeme u velkých výrobních a distribučních firem Alcon, Bausch + Lomb (historicky známější jako Bausch & Lomb), CooperVision, Johnson & Johnson a TopVue. Tito výrobci nabízí čočky ve všech uvedených designech (sférické, torické a multifokální). Mezi další patří firmy Carl Zeiss, ClearLab nebo Menicon, u těchto výrobců už je ovšem výběr produktů menší. Nejrozsáhlejší portfolio tvarových a dioptrických hodnot nabízí firma CooperVision.

V tabulkách 4–12 uvádím seznam čoček běžně dostupných v tuzemských optikách a českých internetových obchodech. Tento přehled je sestaven na základě nabídky velkých distribučních firem a několika internetových prodejců. [41; 42; 43] Do tabulek jsou rozděleny podle designu (sférický, torický a multifokální) a jedná se jak o čočky hydrogelové, tak čočky silikonhydrogelové. U každého typu čoček je uveden přehled jejich vybraných tvarových a materiálových parametrů vycházejících z dat, jež uvádějí na svých stránkách výrobci a distributoři. V mnoha případech jsem se ovšem setkala s tím, že výrobce neuvádí u kontaktních čoček středovou tloušťku a není ochoten tuto informaci poskytnout.

Je nutné zmínit, že všechny uvedené parametry platí pro čočku o optické mohutnosti -3,0 D. Při ověřování tvarových parametrů čoček v kapitole 10 byly ovšem použity i čočky jiných nízkých minusových hodnot, neboť rozdíl v průměru a zakřivení u čočky jiné nízké minusové hodnoty je oproti čočce o optické mohutnosti -3,0 D zanedbatelný.


8.1 Přehled kontaktních čoček dostupných na českém trhu


Tab. 4 Přehled sférických čoček jednodenních


SFÉRICKÉ ČOČKY JEDNODENNÍ							
Výrobce	Název produktu	Zakřivení (mm)	Průměr (mm)	Středová tloušťka (mm)	Propustnost pro kyslík (barrer/cm)	Obsah vody (%)	Materiál
Alcon	Dailies Aqua Comfort Plus	8,7	14,0	0,100	26	69	Nelfilcon A
	Dailies TOTAL1	8,5	14,1	0,090	156	33	Delefilcon A
	Focus Dailies All Day Comfort	8,6	13,8	0,100	26	69	Nelfilcon A
Bausch + Lomb	Biotrue ONEday	8,6	14,2		42	78	Nesofilcon A
	SofLens Daily Disposable	8,6	14,2	0,090	19	59	Hilafilcon B
CooperVision	Biomedics 1 Day Extra	8,6	14,2	0,070	28	55	Ocufilecon D
	Clariti 1 day	8,6	14,1	0,070	86	56	Somofilcon A
	Live Daily Disposable	8,6	14,0	0,070	86	56	Somofilcon A
	MyDay Daily Disposable	8,4	14,2	0,080	100	54	Stenfilcon A
	ProClear 1 Day	8,7	14,2	0,090	28	60	Omafilecon A
Johnson & Johnson	1 Day Acuvue Moist	8,5; 9,0	14,2	0,084	33	58	Etafilecon A
	1 Day Acuvue TruEye	8,5; 9,0	14,2	0,084	118	46	Narafilcon A
	Acuvue Oasys 1-Day with Hydraluxe	8,5; 9,0	14,3	0,085	121	38	Senofilcon A

Tab.4 Přehled sférických čoček jednodenních – POKRAČOVÁNÍ

Výrobce	Název produktu	Zakřivení (mm)	Průměr (mm)	Středová tloušťka (mm)	Propustnost pro kyslík (barrer/cm)	Obsah vody (%)	Materiál
TopVue	TopVue Blue Blocker	8,6	14,2		20	55	Methafilcon A
	TopVue Daily	8,5	14,2		26	58	Etafilcon A
	TopVue Elite+	8,6	14,2		27	58	Bioxifilcon A
	TopVue One+	8,6	14,2		68	53	Unifilcon B
Carl Zeiss	Zeiss Contact Day 1 Spheric	8,6	14,2		24	55	Methafilcon A
ClearLab	Clear 1-Day	8,7; 8,8	14,2		25	58	Hioxifilcon A
Menicon	Miru 1 Day	8,6	14,2		19	57	Hioxifilcon A

 Hydrogelové KČ

 Silikonhydrogelové KČ

 Hypergelové KČ

 Asférický design

Tab. 5 Přehled sférických čoček s plánovanou čtrnáctidenní výměnou

SFÉRICKÉ ČOČKY S PLÁNOVANOU ČTRNÁCTIDENNÍ VÝMĚNOU							
Výrobce	Název produktu	Zakřivení (mm)	Průměr (mm)	Středová tloušťka (mm)	Propustnost pro kyslík (barrer/cm)	Obsah vody (%)	Materiál
Johnson & Johnson	Acuvue 2	8,3; 8,7	14,0	0,080	33	58	Etafilcon A
	Acuvue Oasys with HydraClear Plus	8,4; 8,8	14,0	0,070	147	38	Senofilcon A
TopVue	TopVue Premium	8,6	14,2		104	45	Innofilcon A
Menicon	Menicon PremiO	8,3; 8,6	14,0		161	40	Asmofilcon A



Hydrogelové KČ



Silikonhydrogelové KČ


Tab. 6 Přehled sférických čoček s plánovanou měsíční výměnou

SFÉRICKÉ ČOČKY S PLÁNOVANOU MĚSÍČNÍ VÝMĚNOU							
Výrobce	Název produktu	Zakřivení (mm)	Průměr (mm)	Středová tloušťka (mm)	Propustnost pro kyslík (barrer/cm)	Obsah vody (%)	Materiál
Alcon	Air Optix Aqua	8,6	14,2	0,080	138	33	Lotrafilcon B
	Air Optix EX	8,4; 8,6	13,8	0,080	175	24	Lotrafilcon A
	Air Optix Night and Day Aqua	8,4; 8,6	13,8	0,080	175	24	Lotrafilcon A
	Air Optix plus HydraGlyde	8,6	14,2	0,080	138	33	Lotrafilcon B
Bausch + Lomb	Pure Vision	8,3; 8,6	14,0	0,090	112	36	Balafilcon A
	Pure Vision 2	8,6	14,0	0,070	130	36	Balafilcon A
	SofLens 38	8,4; 8,7; 9,0	14,0	0,100	24	38	Polymacon
	SofLens 59	8,6	14,2	0,140	22	59	Hilafilcon B
	Bausch + Lomb ULTRA	8,5	14,2	0,070	163	46	Samfilcon A
CooperVision	Avaira Vitality	8,4	14,2	0,080	110	55	Fanfilcon A
	Biofinity	8,6	14,0	0,080	160	48	Comfilcon A
	Biofinity Energys	8,6	14,0	0,080	160	48	Comfilcon A
	Biofinity XR	8,6	14,0	0,080	128	48	Comfilcon A
	Biomedics 55 Evolution	8,6; 8,8; 8,9	14,2	0,070	20	55	Ocufilecon D
	Clariti Elite	8,6	14,2	0,070	86	56	Somofilcon A
	Proclear Compatibles Sphere	8,6	14,2	0,065	42	62	Omafilecon B

Tab.6 Přehled sférických čoček s plánovanou měsíční výměnou – POKRAČOVÁNÍ


Výrobce	Název produktu	Zakřivení (mm)	Průměr (mm)	Středová tloušťka (mm)	Propustnost pro kyslík (barrer/cm)	Obsah vody (%)	Materiál
Johnson & Johnson	Acuvue Vita	8,4; 8,8	14,0	0,070	147	41	Senofilcon C
TopVue	TopVue Air	8,6	14,2		100	45	Innofilcon A
	TopVue Monthly	8,6	14,0		26	38	Polymacon
	TopVue Plus	8,6	14,2		27	55	Methafilcon A
Carl Zeiss	Carl Zeiss Contact Day 30 Compact	8,6; 8,8; 8,9	14,2		22	54	Vitaofilcon A
	Carl Zeiss Contact Day 30 Spheric	8,6; 8,8; 8,9	14,2		19	55	Ocuofilcon F
ClearLab	Clear 58	8,7	14,0; 14,5	0,096	22	58	Etafilcon A
	Clear All-Day	8,6	14,2	0,084	25	57	Hioxifilcon A
Menicon	Miru 1 Month	8,3; 8,6	14,0		161	40	Asmofilcon A


 Hydrogelové KČ
  Silikonhydrogelové KČ
  Asférický design

 Možnost prodlouženého nošení
  Možnost kontinuálního nošení

Tab. 7 Přehled torických čoček jednodenních

TORICKÉ ČOČKY JEDNODENNÍ							
Výrobce	Název produktu	Zakřivení (mm)	Průměr (mm)	Středová tloušťka (mm)	Propustnost pro kyslík (barrer/cm)	Obsah vody (%)	Materiál
Alcon	DAILIES AquaComfort Plus Toric	8,8	14,4	0,100	26	69	Nelfilcon A
	Focus Dailies Toric	8,6	14,2		26	69	Nelfilcon A
Bausch + Lomb	Biotrue ONEday for Astigmatism	8,4	14,5	0,050 – 0,750	42	78	Nesofilcon A
	SoftLens Daily Disposable Toric	8,6	14,2	0,125	22	59	Hilafilcon A
CooperVision	Biomedics 1 Day Extra Toric	8,6	14,5	0,110	17	55	Ocufilecon D
	Clariti 1 day Toric	8,6	14,3	0,105	57	56	Somofilcon A
	MyDay daily disposable Toric	8,6	14,5	0,100	80	54	Stenfilcon A
Johnson & Johnson	1-DAY Acuvue Moist for Astigmatism	8,5	14,5	0,090	23,7	58	Etafilcon A
	Acuvue Oasys 1-Day with HydraLuxe for Astigmatism	8,5	14,3	0,080	121	38	Senofilcon A

 Hydrogelové KČ

 Silikonhydrogelové KČ

 Asférický design

Tab. 8 Přehled torických čoček s plánovanou čtrnáctidenní výměnou

TORICKÉ ČOČKY S PLÁNOVANOU ČTRNÁCTIDENNÍ VÝMĚNOU							
Výrobce	Název produktu	Zakřivení (mm)	Průměr (mm)	Středová tloušťka (mm)	Propustnost pro kyslík (barrer/cm)	Obsah vody (%)	Materiál
Johnson & Johnson	Acuvue Oasys for Astigmatism	8,6	14,5	0,080	129	38	Senofilcon A
TopVue	TopVue Premium for Astigmatism	8,6	14,2		104	45	Innofilcon A

Silikonhydrogelové KČ


Možnost kontinuálního nošení


Tab. 9 Přehled torických čoček s plánovanou měsíční výměnou

TORICKÉ ČOČKY S PLÁNOVANOU MĚSÍČNÍ VÝMĚNOU							
Výrobce	Název produktu	Zakřivení (mm)	Průměr (mm)	Středová tloušťka (mm)	Propustnost pro kyslík (barrer/cm)	Obsah vody (%)	Materiál
Alcon	Air Optix for Astigmatism	8,7	14,5	0,102	108	33	Lotrafilcon B
	Air Optix plus HydraGlyde for Astigmatism	8,7	14,5	0,102	110	33	Lotrafilcon B
Bausch + Lomb	Bausch + Lomb ULTRA for Astigmatism	8,6	14,5	0,050 – 0,500	114	46	Samfilcon A
	PureVision Toric	8,7	14,0	0,100	101	36	Balafilcon A
	PureVision 2 for Astigmatism	8,9	14,5	0,100	91	36	Balafilcon A
	SofLens Toric	8,5	14,5	0,195	32	66	Alphafilcon A

Tab.9 Přehled torických čoček s plánovanou měsíční výměnou – POKRAČOVÁNÍ

Výrobce	Název produktu	Zakřivení (mm)	Průměr (mm)	Středová tloušťka (mm)	Propustnost pro kyslík (barrer/cm)	Obsah vody (%)	Materiál
CooperVision	Avaira Vitality Toric	8,5	14,5	0,100	90	55	Fanfilcon A
	Biofinity Toric	8,7	14,5	0,110	128	48	Comfilcon A
	Biofinity XR Toric	8,7	14,5	0,110	116	48	Comfilcon A
	Biomedics Toric	8,7	14,5	0,110	28	55	Ocufilecon D
	Clariti Toric	8,7	14,4	0,105	57	56	Somofilcon A
	Proclear Toric	8,8	14,4	0,110	30	62	Omafilecon B
	Proclear Toric XR	8,8	14,4	0,110	30	62	Omafilecon B
Johnson & Johnson	Acuvue Vita for Astigmatism	8,6	14,5	0,080	129	41	Senofilcon C
TopVue	TopVue Air for Astigmatism	8,6	14,2		100	45	Innofilcon A
Menicon	Miru 1 month for Astigmatism	8,6	14,0		161	40	Asmofilcon A


 Hydrogelové KČ


 Silikonhydrogelové KČ

 Možnost kontinuálního nošení

Tab. 10 Přehled multifokálních čoček jednodenních


MULTIFOKÁLNÍ ČOČKY JEDNODENNÍ							
Výrobce	Název produktu	Zakřivení (mm)	Průměr (mm)	Středová tloušťka (mm)	Propustnost pro kyslík (barrer/cm)	Obsah vody (%)	Materiál
Alcon	DAILIES AquaComfort Plus Multifocal	8,7	14,0	0,100	26	69	Nelfilcon A
	Dailies Total 1 Multifocal	8,5	14,1	0,090	146	33	Delefilcon A
Bausch + Lomb	Biotrue ONEday for Presbyopia	8,6	14,2	0,050 – 0,750	42	78	Nesofilcon A
CooperVision	Clariti 1 day Multifocal	8,6	14,1	0,070	86	56	Somofilcon A
	Proclear 1 Day Multifocal	8,7	14,2	0,090	37	60	Omafilcon A
Johnson & Johnson	1-DAY Acuvue Moist Multifocal	8,4	14,3	0,084	25,5	58	Etafilcon A

 Hydrogelové KČ

 Silikonhydrogelové KČ

Tab. 11 Přehled multifokálních čoček s plánovanou čtrnáctidenní výměnou


MULTIFOKÁLNÍ ČOČKY S PLÁNOVANOU ČTRNÁCTIDENNÍ VÝMĚNOU							
Výrobce	Název produktu	Zakřivení (mm)	Průměr (mm)	Středová tloušťka (mm)	Propustnost pro kyslík (barrer/cm)	Obsah vody (%)	Materiál
Johnson & Johnson	Acuvue Oasys for Presbyopia	8,4	14,3		147	38	Senofilcon A


 Silikonhydrogelové KČ


 Možnost kontinuálního nošení

Tab. 12 Přehled multifokálních čoček s plánovanou měsíční výměnou

MULTIFOKÁLNÍ ČOČKY S PLÁNOVANOU MĚSÍČNÍ VÝMĚNOU							
Výrobce	Název produktu	Zakřivení (mm)	Průměr (mm)	Středová tloušťka (mm)	Propustnost pro kyslík (barrer/cm)	Obsah vody (%)	Materiál
Alcon	Air Optix Aqua Multifocal	8,6	14,2	0,080	138	33	Lotrafilcon B
	Air Optix Plus Hydraglyde Multifocal	8,6	14,2	0,080	110	33	Lotrafilcon B
Bausch + Lomb	Bausch + Lomb ULTRA for Presbyopia	8,5	14,2	0,050 – 0,500	163	46	Samfilcon A
	PureVision Multi-Focal	8,6	14,0	0,090	112	36	Balafilcon A
	PureVision 2 for Presbyopia	8,6	14,0	0,070	130	36	Balafilcon A
	SofLens Multi-Focal	8,5; 8,8	14,5	0,100	24	38,6	Polymacon B
CooperVision	Biofinity Multifocal	8,6	14,0	0,090	128	48	Comfilcon A
	Clariti Multifocal	8,7	14,2	0,070	86	56	Somofilcon A
	Proclear Multifocal	8,7	14,4	0,160	42	62	Omafilcon B
	Proclear Multifocal XR	8,7	14,4	0,160	42	59	Omafilcon B
TopVue	TopVue Air Multifocal	8,6	14,2		100	45	Innofilcon A
Menicon	Miru 1 Month Multifocal	8,6	14,2		129	40	Asmofilcon A

 Hydrogelové KČ

 Silikonhydrogelé KČ

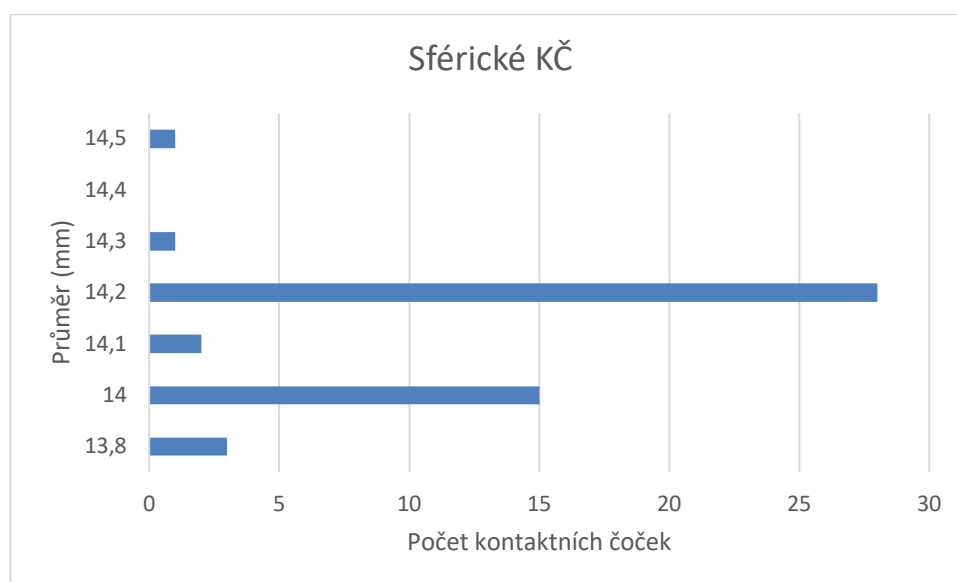
 Možnost kontinuálního nošení

8.2 Zhodnocení šíře nabízených parametrů

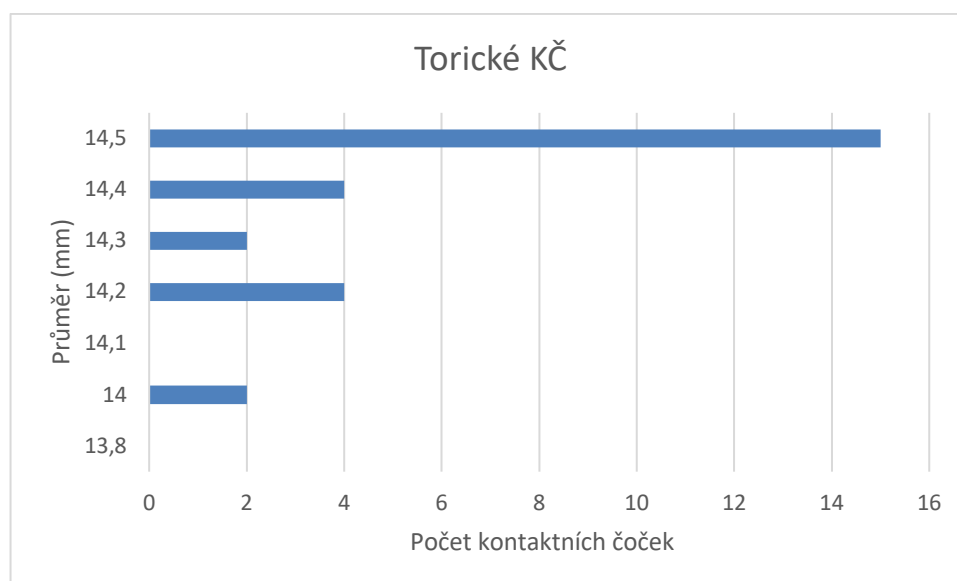
Jedním z cílů mé práce bylo zhodnotit rozsah tvarových parametrů, které běžně nabízejí výrobci kontaktních čoček na našem trhu. Jedná se především o průměr čočky a její zakřivení, neboť tyto údaje výrobci musí povinně uvádět a mají zpravidla také největší vliv na sezení čočky na oku.

8.2.1 Průměr

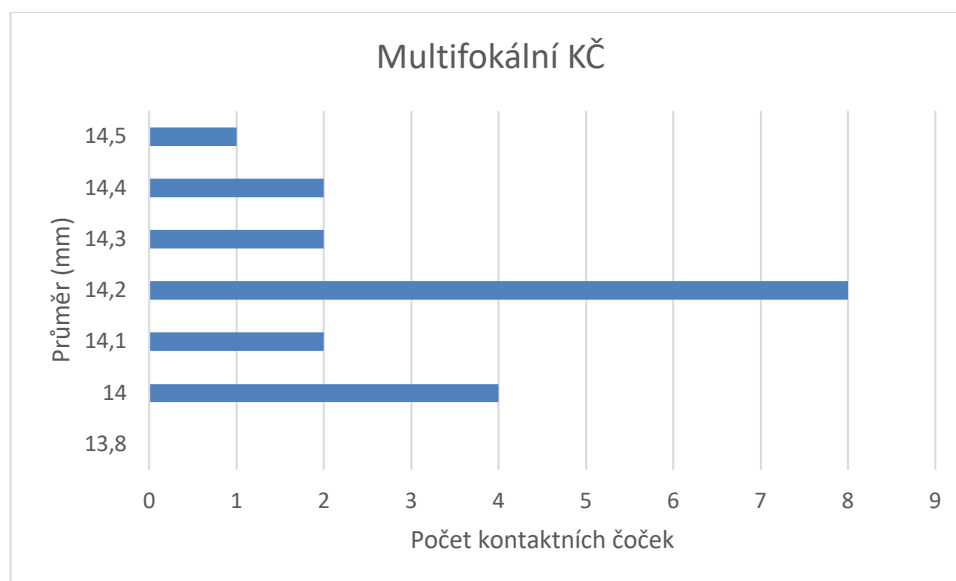
Údaje o průměru z tabulek 4–12 jsem zařadila do následujících grafů (obr. 5, 6, 7) a do tabulky 13. Do této tabulky jsem zanesla nejčastěji zastoupenou hodnotu průměru (modus) a průměrnou hodnotu se směrodatnou odchylkou.



Obr. 5 Rozsah průměrů sférických KČ



Obr. 6 Rozsah průměrů torických KČ



Obr. 7 Rozsah průměrů multifokálních KČ

Tab. 13 Nejčastěji zastoupené hodnoty průměrů

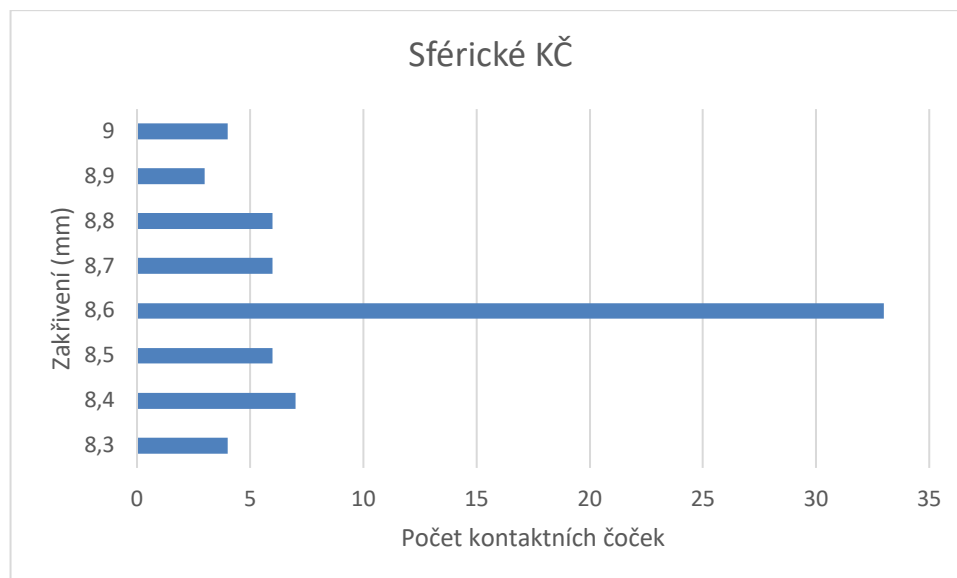
	Sférické KČ	Torické KČ	Multifokální KČ
Nejčastěji zastoupená hodnota (mm)	14,2	14,5	14,2
Průměrná hodnota (mm)	14,12±0,13	14,39±0,16	14,19±0,14

Rozpětí průměrů se pohybuje v rozmezí 13,8–14,5 mm. Z výše uvedených grafů (obr. 5, 6, 7) je zřejmé, že nabízená šíře se částečně liší v závislosti na typu čočky a refrakční vadě, k jejíž korekci je čočka určena. Zatímco u sférických čoček se setkáváme nejčastěji s průměrem 14,2 mm (viz tabulka 13), jinak je tomu u čoček torických. Zde je nejčastěji nabízeným průměrem 14,5 mm. Manipulace s torickými čočkami může být z toho důvodu pro klienta v některých případech náročnější než s čočkami sférickými.

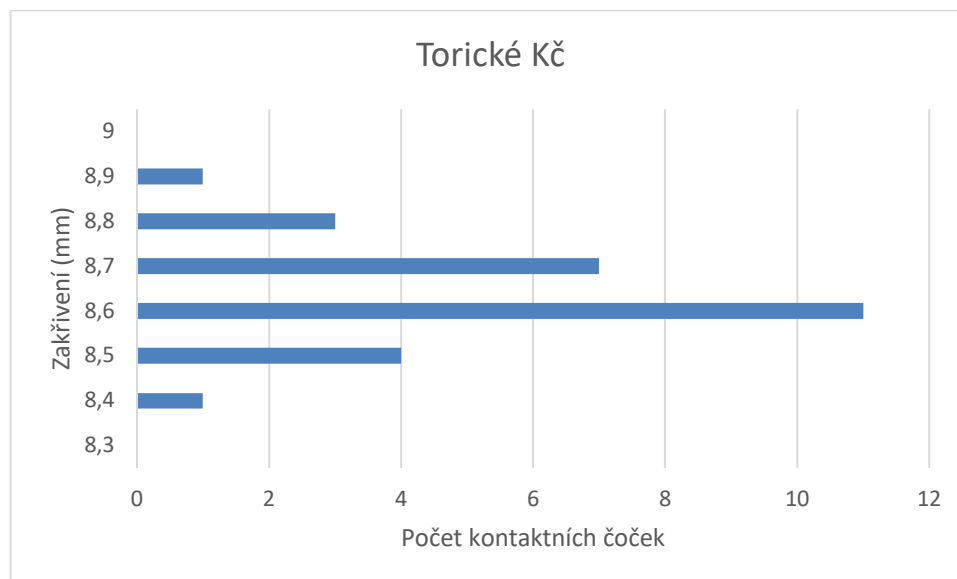
V případě multifokálních čoček pro korekci presbyopie je nejčastěji dostupnou hodnotou průměr 14,2 mm, avšak zastoupeny jsou zde všechny hodnoty v rozsahu 14,0–14,5 mm.

8.2.2 Zakřivení

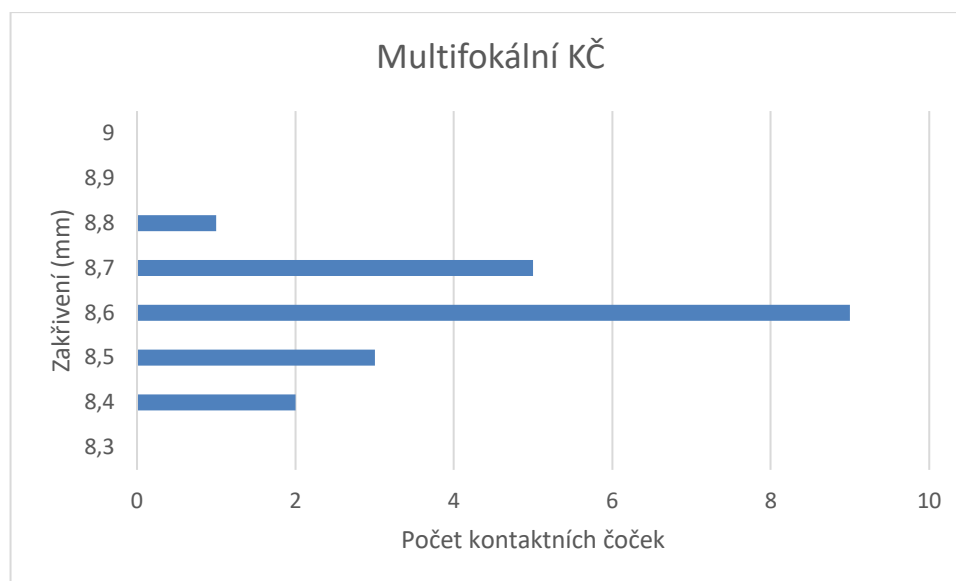
Údaje o zakřivení z tabulek 4–12 jsem zařadila do následujících grafů (obr. 9, 10, 11) a tabulky 14. Do tabulky 14 jsem opět zanesla nejčastěji zastoupenou hodnotu zakřivení a průměrnou hodnotu se směrodatnou odchylkou.



Obr. 8 Rozsah zakřivení sférických KČ



Obr. 9 Rozsah zakřivení torických KČ



Obr. 10 Rozsah zakřivení multifokálních KČ

Tab. 14 Nejčastěji zastoupené hodnoty zakřivení

	Sférické KČ	Torické KČ	Multifokální KČ
Nejčastěji zastoupená hodnota (mm)	8,6	8,6	8,6
Průměrná hodnota (mm)	8,62±0,17	8,64±0,11	8,60±0,10

Zde můžeme u všech uvedených grafů (obr. 8, 9, 10) i z tabulky 14 vyhodnotit jako nejčastější hodnotu zakřivení 8,6 mm. Z grafů vyplývá, že hodnoty zakřivení již nesouvisí s typem refrakční vady, která je čočkou korigována. Hodnoty se pohybují nejčastěji v rozmezí 8,4–8,8 mm, ale u sférických čoček můžeme nalézt i zakřivení nižší (8,3 mm) a vyšší (až 9,0 mm).

8.3 Nabídka kontaktních čoček mimo běžně dostupné parametry

Ačkoliv nabídka měkkých kontaktních čoček obvykle pokryje parametry většiny zájemců o kontaktní čočky, v některých případech nemusí být širě nabízených parametrů dostačující. Jedná se zpravidla o klienty s dioptriemi mimo nabízený rozsah nebo vysoké hodnoty astigmatismu. Také u klientů s neobvyklými parametry rohovky nemusí běžně dostupné kontaktní čočky správně sedět. Například pro rohovky větší než 12 mm nemusí běžně dostupné průměry čoček zajistit dostatečné zakrytí rohovky a čočka může při pohybu oka přejíždět přes limbus. [44]

Pro tyto případy je možné využít měkkých kontaktních čoček s individuálními parametry. Tyto čočky pokrývají širší rozsah parametrů a vyrábí se soustružením, nejsou však běžně dostupné na našem trhu. V rámci Evropy je můžeme nejčastěji nalézt na britském trhu.

Příkladem čoček s větším rozsahem tvarových parametrů jsou hydrogelové Alden Soft Contact Lenses od Bausch+Lomb. Tyto čočky jsou nabízeny v průměru 10,0–16,0 mm, zakřivení 6,5–9,7 mm, dioptrickém rozsahu -30,0 až +30,0 D a cylindrech do -10,0 D. Bausch+Lomb vyrábí také silikonhydrogelové čočky C-VUE Advanced. Tyto čočky lze zhotovit ve stejném rozsahu parametrů jako Alden Soft Contact Lenses. [45; 47]

Pro pacienty s keratokonem lze vybrat měkkou kontaktní čočku Rose K2 Soft od firmy Menicon s plánovanou tříměsíční výměnou. Jedná se o silikonhydrogelovou čočku vyráběnou se zakřivením 7,4–9,0 mm, průměrem 14,3–15,3 mm, dioptrickém rozsahu -30,0 až +30,0 D a cylindrickém rozsahu do -10,0 D. [47]

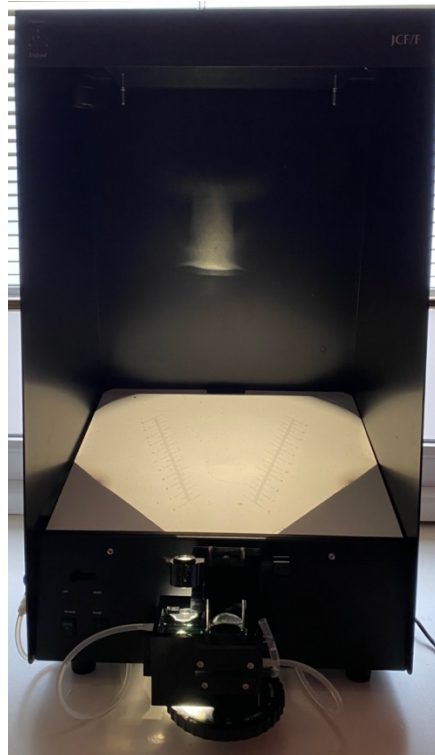
Dalšími čočkami vyráběnými s tvarovými parametry mimo běžně dostupnou šíři jsou silikonhydrogelové čočky Avanti od britské společnosti UltraVision. Vyrábějí se ve sférickém, torickém i multifokálním designu s průměrem 14,0–15,0 mm a zakřivením 8,0–9,2 mm. Lze vybírat z dioptrického rozsahu od -20,0 D do +20,0 D a cylindrem do -8,0 D. UltraVision vyrábí také čočky HydroWave se zakřivením 7,0–9,6 mm, průměrem 12,5–16,0 mm, optickou mohutností od -30,0 do +30,0 D a cylindrem do -11,0 D. Ve zcela nejširším dioptrickém rozsahu (-45,0 D až +45,0 D) vyrábí UltraVision afakické čočky a čočky pro velmi vysokou myopii. Tyto čočky jsou prodávány s hodnotami zakřivení 7,0–9,8 mm a průměrem 12,5–16,0 mm. [48]

Všechny výše uvedené čočky společnosti UltraVision jsou silikonhydrogelové, tento výrobce ovšem zhotovuje i hydrogelové čočky. Jsou jimi například IGEL Pro, čočky se zakřivením 6,4–10,0 mm, průměrem 10,0–19,0 mm, dioptrickém rozsahu -40,0 až +40,0 D a cylindrickém rozsahu do -11,0 D. Dalším zástupcem jsou čočky DuraWave se zakřivením 7,8–9,4 mm, průměrem 13,0–16,0 mm, rozsahem -30,0 až +30,0 D a cylindru až -11,0 D. UltraVision nabízí také multifokální hydrogelové čočky SAM Multifocal Soft se stejnými parametry, jako mají již zmíněné čočky DuraWave. [48]

Protože většina výše uvedených produktů není dostupná na českém trhu, mohou být vhodnou alternativou pro klienty s neobvyklými parametry rohovky tvrdé kontaktní čočky. Využití nacházejí především u vysokých hodnot astigmatismu nebo pro pacienty s keratokonem.

9 Použité metody a přístroje pro měření

Pro ověření tvarových parametrů uvážených výrobcí jsem při měření využila dvou přístrojů. První z nich je analyzátor kontaktních čoček OPTIMEC JCF/F (obr.12), druhým je mechanický tloušťkoměr od výrobce G. Nissel & Co. Ltd.



Obr. 11 Analyzátor kontaktních čoček OPTIMEC JCF/F [vlastní fotoarchiv]

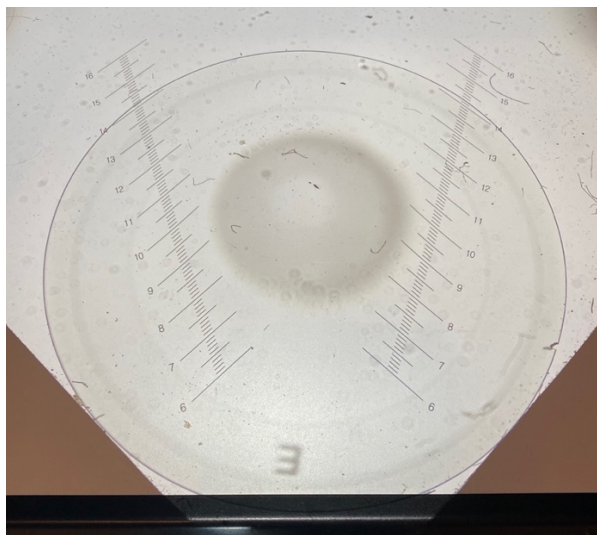
9.1 Analyzátor kontaktních čoček

Pro měření průměru kontaktních čoček a jejich zakřivení jsem využila analyzátor kontaktních čoček OPTIMEC JCF/F, který je dostupný v laboratoři optometrie na Fakultě biomedicínského inženýrství.

Analyzátor sestává z osvětlovací soustavy a zrcadla. Výsledný obraz je zvětšený a stranově převrácený.

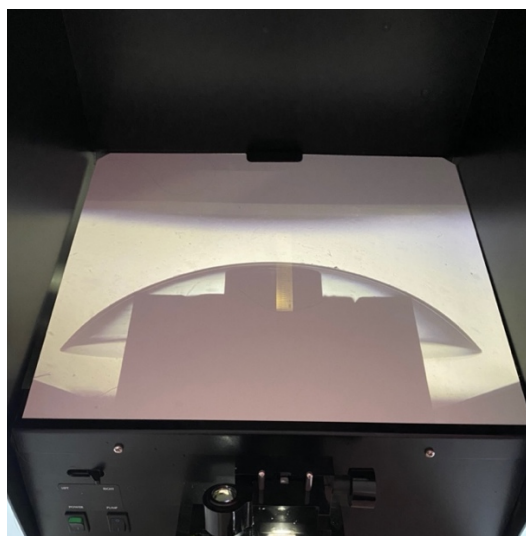
Jako první jsem na přístroji OPTIMEC JCF/F měřila celkový průměr kontaktních čoček. Před samotným spuštěním jsem komoru nacházející se ve spodní části přístroje naplnila destilovanou vodou. Po zapnutí přístroje jsem pinzetou na kontaktní čočky vyjmula z pouzdra sterilní kontaktní čočku a vložila jí do levé části komory. V této části se nachází výseč ve tvaru „V“ se stupnicí, kam jsem čočku umístila lícovou stranou směřující nahoru. Obraz čočky se promítl na zobrazovací plochu, kde jsem za pomoci stupnice odečetla hodnotu jejího průměru. Na tomto zobrazení je také možné pozorovat defekty čočky, jako např. poškozené

okraje (obr. 12). Při svém měření jsem narazila pouze na jednu defektní čočku. Pro měření průměru jsem použila 21 vzorků různých čoček od výrobců Alcon, Bausch + Lomb, CooperVision, Johnson & Johnson a TopVue.



Obr. 12 Defekt okraje kontaktní čočky Pure Vision 2 při měření jejího průměru [vlastní fotoarchiv]

Pro změření zakřivení jsem čočku pinzetou přemístila do pravé části komory. Za pomoci centrovacího mechanismu jsem čočku umístila od požadované polohy (obr. 13). Následně jsem vysouvala měřící válec, dokud se jeho vrchol nedotkl vnitřní plochy čočky. V tu chvíli jsem z měřicí stupnice odečetla hodnotu zakřivení a měření opakovala ještě dvakrát. Pro měření zakřivení jsem využila 19 různých typů čoček, z nichž tři jsem měřila ve dvou různých dioptrických hodnotách. Dohromady tedy došlo k proměření 22 vzorků čoček. Protože analyzátor OPTIMEC JCF/F je přístroj pro měření sférických čoček, vybírala jsem pouze čočky sférického designu.



Obr. 13 Měření zakřivení kontaktní čočky na OPTIMEC JCF/F [vlastní fotoarchiv]

9.2 Tloušťkoměr

Následně jsem měřila středovou tloušťku na tloušťkoměru značky G. Nissel & Co. Ltd. (obr. 14), zapůjčeným z Ústavu makromolekulární chemie AV ČR, v. v. i. v Praze. Pro měření jsem vybrala 8 kontaktních čoček, u nichž výrobce uvádí jejich středovou tloušťku a jsou bez asférických ploch, které by mohly zkreslovat výsledky.

Tloušťkoměr sestává ze dvou trnů, z nichž horní je pohyblivý, přitlačovaný ke spodnímu trnu pružinou. Tloušťkoměr, původně určený pro tvrdé čočky, byl již dříve upraven pro měření hydrogelových čoček odlehčením přitlačné pružiny. Mezi trny jsem vložila kontaktní čočku a naměřenou hodnotu středové tloušťky jsem odečetla ze stupnice. Každé měření jsem opakovala pětkrát.



Obr. 14 Tloušťkoměr [vlastní fotoarchiv]

10 Výsledky měření

10.1 Výsledky měření průměru na analyzátoru kontaktních čoček

Do následujících tabulek (15, 16) jsem zanesla údaje o průměru a zakřivení, jež uvádějí výrobci na blistru, společně s naměřenými údaji.

U zjišťování zakřivení jsem provedla měření vždy třikrát a použila jsem průměr těchto tří hodnot.

Pro ověření hypotézy č. 1 jsem využila dvou vzorců:

$$\Delta = |NH - UH| \quad (2)$$

kde Δ absolutní odchylka

NH naměřená hodnota

UH hodnota uváděná výrobcem

$$\delta = \frac{\Delta}{NH} \quad (3)$$

kde δ relativní odchylka

Δ absolutní odchylka

NH naměřená hodnota

Z těchto dvou vztahů mi vyšel finální vzorec pro výpočet relativní odchylky:

$$\delta = \frac{|NH - UH|}{NH} \cdot 100 \quad (4)$$

Výslednou odchylku jsem společně s naměřenými údaji uvedla v tabulce 15.

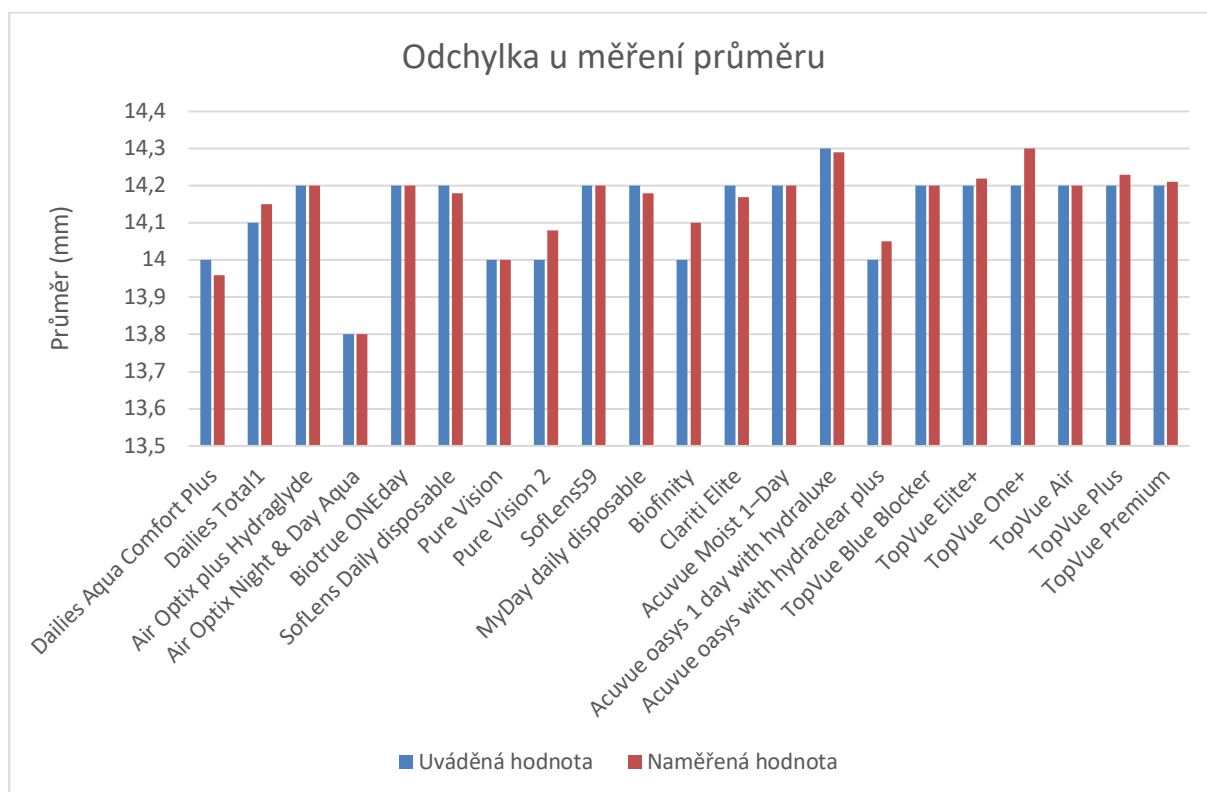
Tab. 15 Uváděné a naměřené hodnoty průměrů

Výrobce	Název	Optická mohutnost (DPT)	Průměr udávaný výrobcem (mm)	Naměřený průměr (mm)	Odchylka δ (%)
Alcon	Dailies Aqua Comfort Plus	-3,5	14,0	13,96	0,29
	Dailies Total1	-1,0	14,1	14,15	0,35
	Air Optix plus Hydraglyde	-3,0	14,2	14,20	0
	Air Optix Night & Day Aqua	-3,0	13,8	13,80	0
Bausch + Lomb	Biotrue ONEday	-2,0	14,2	14,20	0
	SofLens Daily disposable	-4,0	14,2	14,18	0,14
	Pure Vision	-1,25	14,0	14,00	0
	Pure Vision 2	-3,0	14,0	14,08	0,57
	SofLens59	-3,0	14,2	14,20	0
CooperVision	MyDay daily disposable	-3,0	14,2	14,18	0,14
	Biofinity	-3,0	14,0	14,10	0,71
	Clariti Elite	-3,0	14,2	14,17	0,21
Johnson & Johnson	Acuvue Moist 1-Day	-3,25	14,2	14,20	0
	Acuvue oasys 1 day with hydraluxe	-3,0	14,3	14,29	0,07
	Acuvue oasys with hydraclear plus	-2,0	14,0	14,05	0,36

Tab.15 Uváděné a naměřené hodnoty průměrů – POKRAČOVÁNÍ

Výrobce	Název	Optická mohutnost (DPT)	Průměr udávaný výrobcem (mm)	Naměřený průměr (mm)	Odchylka δ (%)
TopVue	TopVue Blue Blocker	-3,0	14,2	14,20	0
	TopVue Elite+	-3,0	14,2	14,22	0,14
	TopVue One+	-3,0	14,2	14,30	0,70
	TopVue Air	-3,0	14,2	14,20	0
	TopVue Plus	-3,0	14,2	14,23	0,21
	TopVue Premium	-3,0	14,2	14,21	0,07

Z hodnot v tabulce 15 jsem sestavila graf (obr. 15) znázorňující odchylku naměřených hodnot od hodnot udávaných výrobcí. Z hodnot z tabulky 15 je zřejmé, že relativní odchylka u žádného z případů nepřekračuje 1 %. Hypotézu č. 1 lze potvrdit.

**Obr. 15** Odchylka naměřených hodnot průměru od hodnot udávaných výrobcí

10.2 Výsledky měření zakřivení na analyzátoru kontaktních čoček

Znovu jsem využila vzorce (4) z kapitoly 10.1 a naměřené údaje spolu s odchylkou jsem zanesla do tabulky 16.

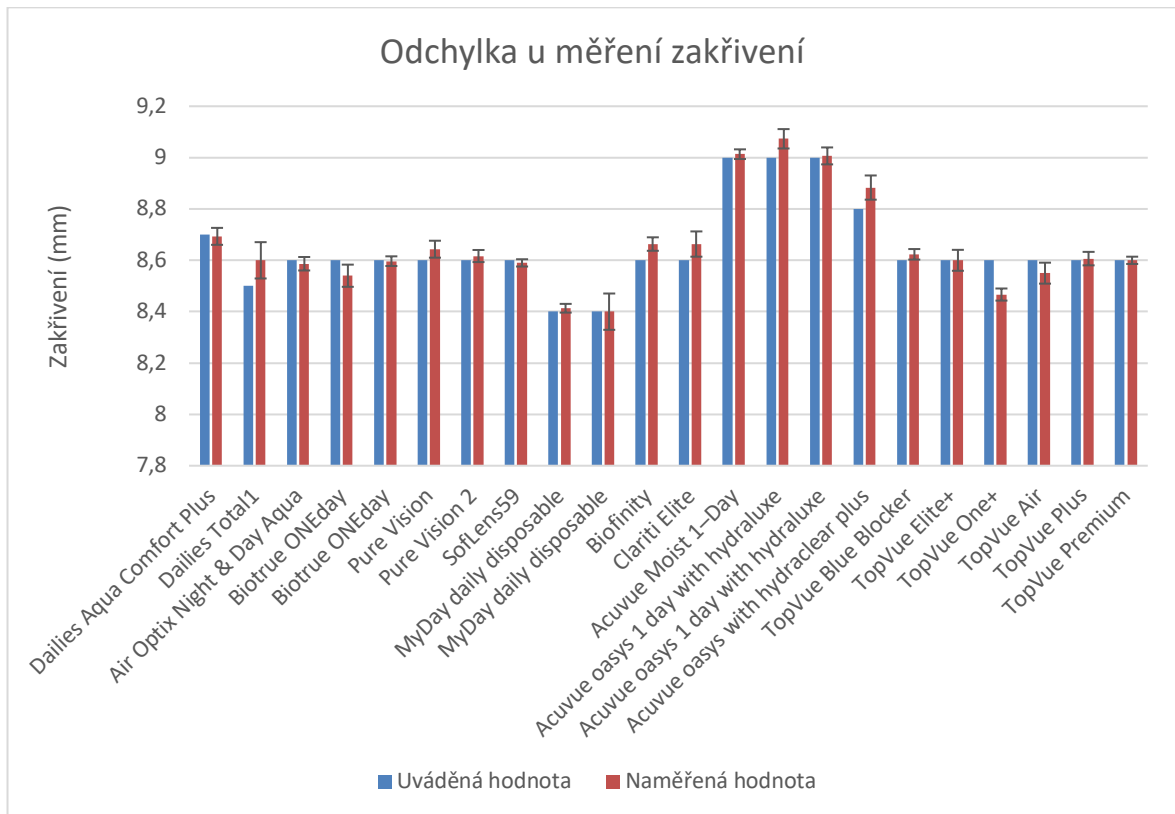
Tab. 16 Uváděné a naměřené hodnoty zakřivení

Výrobce	Název	Optická mohutnost (DPT)	Zakřivení udávané výrobcem (mm)	Naměřené zakřivení (mm)	Odchylka δ (%)
Alcon	Dailies Aqua Comfort Plus	-3,5	8,7	8,69±0,03	0,12
	Dailies Total1	-1,0	8,5	8,60±0,07	1,16
	Air Optix Night & Day Aqua	-3,0	8,6	8,59±0,02	0,12
Bausch + Lomb	Biotrue ONEday	-2,0	8,6	8,54±0,04	0,70
	Biotrue ONEday	-4,75	8,6	8,60±0,02	0
	Pure Vision	-1,25	8,6	8,64±0,03	0,46
	Pure Vision 2	-3,0	8,6	8,62±0,02	0,23
	SofLens59	-3,0	8,6	8,59±0,01	0,12
CooperVision	MyDay daily disposable	-3,0	8,4	8,41±0,02	0,12
	MyDay daily disposable	-4,5	8,4	8,37±0,02	0,36
	Biofinity	-3,0	8,6	8,66±0,03	0,69
	Clariti Elite	-3,0	8,6	8,70±0,02	1,15

Tab.16: Uváděné a naměřené hodnoty zakřivení – POKRAČOVÁNÍ

Výrobce	Název	Optická mohutnost (DPT)	Zakřivení udávané výrobcem (mm)	Naměřené zakřivení (mm)	Odchylka δ (%)
Johnson & Johnson	Acuvue Moist 1-Day	-3,25	9,0	9,01±0,02	0,11
	Acuvue oasys 1 day with hydraluxe	-0,75	9,0	9,08±0,02	0,88
	Acuvue oasys 1 day with hydraluxe	-3,0	9,0	9,01±0,03	0,11
	Acuvue oasys with hydraclear plus	-2,0	8,8	8,88±0,04	0,90
TopVue	TopVue Blue Blocker	-3,0	8,6	8,62±0,02	0,23
	TopVue Elite+	-3,0	8,6	8,60±0,04	0
	TopVue One+	-3,0	8,6	8,47±0,02	1,53
	TopVue Air	-3,0	8,6	8,55±0,04	0,58
	TopVue Plus	-3,0	8,6	8,61±0,02	0,12
	TopVue Premium	-3,0	8,6	8,60±0,01	0

Hodnoty z tabulky 16 jsem zaznamenala do grafu (obr. 16).



Obr. 16 Odchylka naměřených hodnot zakřivení od hodnot udávaných výrobcí

Pro ověření hypotézy č. 2 jsem využila jednovýběrového Studentova t-testu na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

. Pro ověření hypotézy je nutné, aby testovací kritérium t bylo menší než tabulková kritická hodnota. Tato kritická hodnota je specifickým kvantilem $t_{1-\alpha/2(n-1)}$ Studentova t-rozdělení související se zvolenou hladinou významnosti, kde

α zvolená hladina významnosti

n počet stupňů volnosti výběrového souboru, tj. $n - 1$

Testovací kritérium t jsem vypočítala ze vztahu:

$$t = \frac{|\bar{x} - \mu|}{\sqrt{\frac{s^2}{n}}} \quad (5)$$

kde \bar{x} průměr výběrového souboru (naměřených hodnot)

μ střední hodnota základního souboru (hodnota uváděná výrobcem)

s^2 rozptyl výběrového souboru

n počet členů výběrového souboru (počet opakovaných měření)

Vypočítané testovací kritérium jsem porovnála s kritickou hodnotou a zanesla do tabulky 17.

Tab. 17 Srovnání testovacího kritéria s kritickou hodnotou u zakřivení

Název	Testovací kritérium		Kritická hodnota
Dailies Aqua Comfort Plus	0,286	<	4,303
Dailies Total1	2,000	<	4,303
Air Optix Night & Day Aqua	0,718	<	4,303
Biotrue ONEday	1,964	<	4,303
Biotrue ONEday	0,250	<	4,303
Pure Vision	1,857	<	4,303
Pure Vision 2	1,000	<	4,303
SofLens59	1,000	<	4,303
MyDay daily disposable	1,109	<	4,303
MyDay daily disposable	0,000	<	4,303
Biofinity	3,413	<	4,303
Clariti Elite	1,820	<	4,303
Acuvue Moist 1–Day	1,000	<	4,303
Acuvue oasys 1 day with hydaluxe	2,750	<	4,303
Acuvue oasys 1 day with hydaluxe	0,286	<	4,303
Acuvue oasys with hydraclear plus	2,500	<	4,303
TopVue Blue Blocker	1,606	<	4,303
TopVue Elite+	0,000	<	4,303
TopVue One+	8,000	>	4,303
TopVue Air	1,732	<	4,303
TopVue Plus	0,359	<	4,303
TopVue Premium	0,000	<	4,303

V tabulce 17 lze vidět, že jediný případ, kde se nachází významný statistický rozdíl, je u čočky TopVue One+. U ostatních kontaktních se čoček se na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ naměřená hodnota od hodnoty výrobce neliší. Shoda naměřených hodnot s hodnotami od výrobce je tak 95,45 %, proto lze hypotézu č. 2 přijmout.

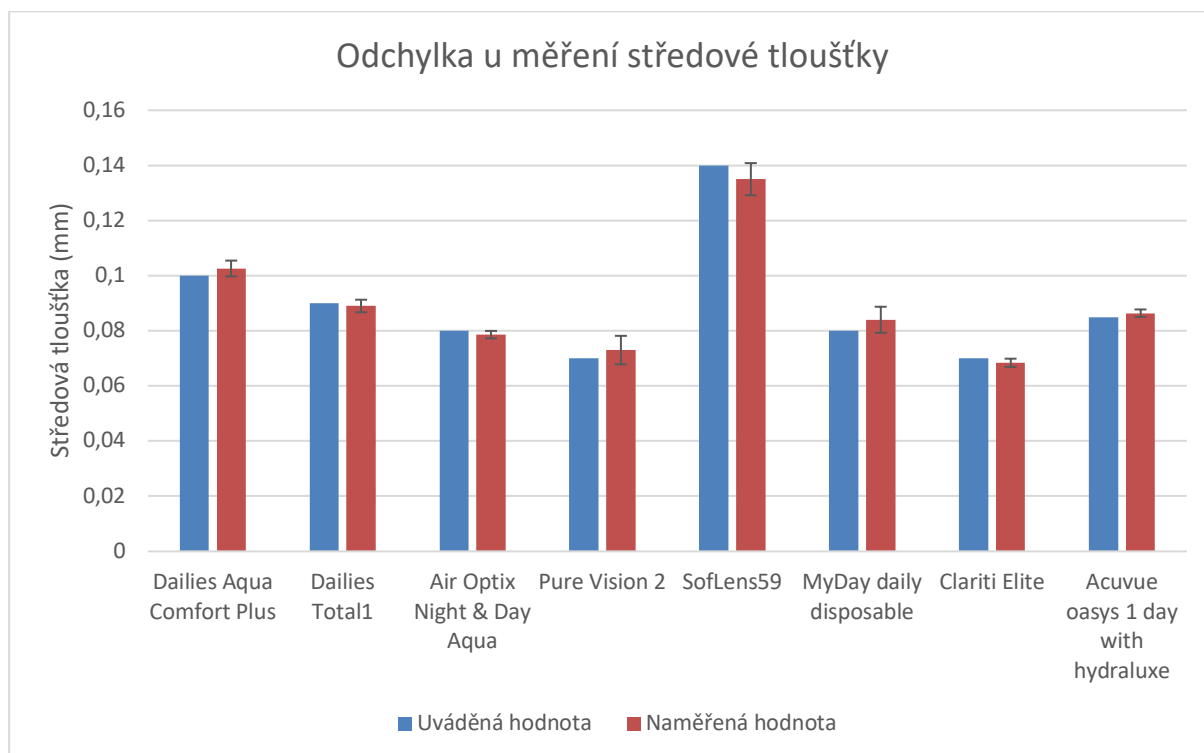
10.3 Výsledky měření středové tloušťky na tloušťkoměru

Při měření na tloušťkoměru jsem použila 8 kontaktních čoček, každou jsem měřila pětkrát. Hodnoty měření jsem zanesla do tabulky 18. Opět jsem vypočítala odchylku podle vztahu (4) v kapitole 10.1.

Tab. 18 Uváděné a naměřené hodnoty středové tloušťky

Výrobce	Název	Optická mohutnost (DPT)	Středová tloušťka udávaná výrobcem (mm)	Naměřená středová tloušťka (mm)	Odchylka δ (%)
Alcon	Dailies Aqua Comfort Plus	-3,0	0,100	0,103±0,0029	2,53
	Dailies Total1	-3,0	0,090	0,089±0,0023	1,12
	Air Optix Night & Day Aqua	-3,0	0,080	0,786±0,0014	1,78
Bausch + Lomb	Pure Vision 2	-3,0	0,070	0,073±0,0051	4,11
	SofLens59	-3,0	0,140	0,135±0,0058	3,70
CooperVision	MyDay daily disposable	-3,0	0,080	0,084±0,0047	4,76
	Clariti Elite	-3,0	0,070	0,068±0,0015	2,34
Johnson & Johnson	Acuvue oasys 1 day with hydraluxe	-3,0	0,085	0,0864±0,0013	1,62

Hodnoty z tabulky 18 jsem zanesla do grafu (obr. 17).



Obr. 17 Odchylka naměřených hodnot středové tloušťky od hodnot udávaných výrobcí

Pro potvrzení hypotézy č. 3 jsem opět využila jednovýběrového Studentova t-testu. Testovací kritérium jsem spočítala podle vzorce (5) z kapitoly 10.2. Pro přehlednost uvádím znovu:

$$t = \frac{|\bar{x} - \mu|}{\sqrt{\frac{s^2}{n}}}$$

Jako kritickou hodnotu jsem opět použila tabulkovou hodnotu kvantilu $t_{1-\alpha/2(n-1)}$ příslušného Studentova t-rozdělení. Vypočítané hodnoty jsem zanesla do tabulky 19.

Tab. 19 Srovnání testovacího kritéria s kritickou hodnotou u středové tloušťky

Název	Testovací kritérium		Kritická hodnota
Dailies Aqua Comfort Plus	1,812	<	2,776
Dailies Total1	0,877	<	2,776
Air Optix Night & Day Aqua	2,064	<	2,776
Pure Vision 2	1,159	<	2,776
SofLens59	1,715	<	2,776
MyDay daily disposable	1,690	<	2,776
Clariti Elite	2,138	<	2,776
Acuvue oasis 1 day with hydaluxe	2,064	<	2,776

Na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ je shoda naměřených údajů s parametry od výrobce 100 %.
I hypotézu č. 3 lze přijmout.

11 Diskuze

V praktické části své práce jsem sestavila přehled měkkých kontaktních čoček na českém trhu a rozřadila je do tabulek společně s hodnotami jejich vybraných parametrů (celkový průměr kontaktní čočky, zakřivení zadní plochy a středová tloušťka). Tématem kontaktních čoček z hlediska tvarových parametrů se zabývala i Kateřina Dvořáková v práci *Sagitální hloubka komerčních kontaktních čoček a její vhodnost pro statistický soubor klientů z roku 2019* (bakalářská práce, FBMI ČVUT, citace [39]). I ona ve své práci publikovala přehled měkkých kontaktních čoček na českém trhu. Od roku 2019 nedošlo v nabídce k dramatickým změnám, přesto jsou některé rozdíly patrné. Ve své práci mám zahrnuté některé novější měkké kontaktní čočky, jako příklady mohu uvést Acuvue Vita (Johnson & Johnson), TopVue Blueblocker (TopVue) nebo Air Optix Plus Hydraglyde Multifocal (Alcon). Naproti tomu některé z čoček uvedených v práci z roku 2019 se v současné době již nevyrábí, například Frequency Xcel Toric (CooperVision).

Z hodnot uvedených v tabulkách zahrnujících přehled kontaktních čoček na českém trhu jsem sestavila tabulky nejčastěji frekventovaných hodnot průměru a zakřivení a zhodnotila nabízenou šíři. Uvedené dva tvarové parametry jsem vybrala jednak pro jejich význam při výběru vhodné čočky k aplikaci na konkrétní rohovku, jednak proto, že výrobce je povinný uvádět jejich hodnotu na každém balení čoček.

U průměru měkkých kontaktních čoček se můžeme běžně setkat s hodnotami 13,8–14,5 mm. Zjistila jsem, že průměr kontaktní čočky se částečně liší v závislosti na refrakční vadě, pro jejíž korekci jsou čočky určeny. U sférických čoček převažuje v nadpoloviční většině případů (56 %) hodnota 14,2 mm, další často zastoupenou hodnotou je 14,0 mm (30 %). Podobně je tomu u multifokálních čoček, kde je nejčastěji zastoupenou hodnotou (42 %) opět 14,2 mm. K rozdílu dochází u torických čoček, kde je ve více než polovině případů (56 %) zastoupena hodnota 14,5 mm, s nižšími hodnotami se zde nesetkáme tak často, jako právě u sférických nebo multifokálních čoček.

V případě zakřivení se běžně setkáváme s hodnotami 8,3–9,0 mm, avšak u všech typů čoček je nejčastější hodnota zakřivení 8,6 mm – u sférických čoček je to v 45 % případů, u torických čoček v 40 % případů a u multifokálních čoček v 45 % případů. U sférických čoček jsou všechny ostatní hodnoty (8,3–9,0 mm) zastoupeny přibližně rovnoměrně. Torické čočky jsou nabízeny v hodnotách zakřivení 8,4–8,9 mm, multifokální čočky v hodnotách zakřivení 8,4–8,8 mm.

Přestože nabídka tvarových parametrů obvykle pokryje potřeby většiny zájemců o kontaktní čočky, v ojedinělých případech je nutné přistoupit k čočkám s parametry mimo běžně nabízené spektrum. Mapovala jsem proto také nabídku měkkých kontaktních čoček, které se výše uvedeným hodnotám průměru a zakřivení vymykají. Zjistila jsem, že čočky s méně častými parametry sice nejsou běžně dostupné v České republice, ale lze je nalézt v rámci evropského trhu. Širokou škálu nabízí britská společnost UltraVision, jedná se například o čočky Avanti, IGEL Pro a HydroWave. Kontaktní čočky mimo běžně dostupné parametry ale nabízí také společnost Bausch + Lomb (Alden Soft Contact Lenses) a Menicon (Rose K2 Soft určená především pro pacienty s keratokonem).

Zatímco K. Dvořáková se ve své práci [39] zabývala především parametrem sagitální hloubky čočky, já jsem se zaměřila na ověření deklarovaných parametrů a výskyt jejich nejfrekventovanějších hodnot napříč celým spektrem nabízených čoček. Na základě literárních údajů jsem předpokládala, že při ověřování hodnot tvarových parametrů budou jejich hodnoty odpovídat údajům uváděným výrobcem.

Pro potvrzení první hypotézy jsem zjišťovala, zda relativní odchylka naměřených hodnot průměrů kontaktních čoček nebude vyšší než 1 %. Na analyzátoru kontaktních čoček OPTIMEC JCF/F jsem proměřila hodnotu průměru u 21 sférických kontaktních čoček. Vybírala jsem zástupce čoček od společností Alcon, Bausch + Lomb, CooperVision, Johnson & Johnson a TopVue. Zde jsem se při měření setkala s jednou defektní čočkou, tento defekt však neměl na měření průměru vliv. U žádného z případů nepřekročila relativní odchylka 1 %, proto jsem hypotézu č. 1 přijala.

Na analyzátoru kontaktních čoček OPTIMEC JCF/F jsem pro ověření druhé hypotézy (naměřené hodnoty zakřivení budou v 95 % odpovídat údajům uváděným výrobcem) proměřila hodnotu zakřivení u 22 sférických kontaktních čoček, z nichž každou jsem měřila třikrát. Opět jsem vybírala čočky od společností Alcon, Bausch + Lomb, CooperVision, Johnson & Johnson a TopVue. Pro vyhodnocení jsem použila jednovýběrový Studentův t-test na hladině významnosti 0,05. U 21 vzorků, tedy v 95,45 % případů, se mnou naměřená hodnota statisticky nelišila od hodnoty uvedené výrobcem na blistru. Hypotézu č. 2 jsem přijala. Jediná čočka, u které testovací kritérium přesáhlo kritickou hodnotu a mezi výsledky se tak objevil statisticky významný rozdíl, byla čočka TopVue One+. Výrobce uvádí hodnotu jejího zakřivení 8,6 mm, mnou naměřená hodnota byla $8,47 \pm 0,02$ mm.

Pro proměření středové tloušťky a následné ověření třetí hypotézy (naměřené hodnoty středové tloušťky budou v 95 % odpovídat údajům uváděným výrobcem) jsem použila

tloušťkoměr G. Nissel & Co Ltd. upravený pro měření měkkých kontaktních čoček odlehčením přitlačné pružiny. Pro měření jsem zvolila 8 jednoohniskových sférických kontaktních čoček s optickou mohutností -3,0 D, které nemají asférický design. Každou z nich jsem měřila pětkrát. Výběr kontaktních čoček byl limitován dostupnými informacemi, v mnoha případech jsem se totiž setkala s tím, že výrobce nebyl ochoten údaj o středové tloušťce poskytnout. Vybrané vzorky byly od společností Alcon, Bausch + Lomb, CooperVision a Johnson & Johnson. Výsledky jsem vyhodnocovala pomocí jednovýběrového Studentova t-testu na hladině významnosti 0,05. Po porovnání naměřených údajů s údaji deklarovanými výrobcem jsem zjistila, že naměřené hodnoty nelze od deklarovaných na zvolené hladině významnosti u žádné čočky rozlišit, tedy shoduje se ve 100 %. Ověřila jsem platnost hypotézy č. 3.

12 Závěr

V teoretické části práce jsem stručně popsala anatomii rohovky a složení slzného filmu. Nastínila jsem historický vývoj kontaktních čoček a uvedla jsem materiály kontaktních čoček, které jsou v současnosti běžně používané. Charakterizovala jsem všechny tvarové parametry kontaktní čočky (zakřivení zadní plochy, celkový průměr čočky, průměr optické zóny, středovou tloušťku, sagitální hloubku) a uvedla komplikace související s výběrem čočky s nevhodnými tvarovými parametry. Správně zvolené tvarové parametry ovlivňují nejen komfort nošení a stálost visu, ale také minimalizují hypoxický a mechanický stres, jimiž čočka působí na rohovku. Je důležité, aby sezení konkrétní kontaktní čočky vždy zhodnotil odborník – kontaktolog (optometrista nebo oftalmolog).

Cílem práce bylo sestavit přehled měkkých kontaktních čoček běžně dostupných na našem trhu doplněný o tvarové parametry, jež uvádí jejich výrobci. Z těchto údajů byly určeny nejčastěji zastoupené hodnoty celkového průměru kontaktní čočky a zakřivení zadní plochy. Deklarované tvarové parametry (průměr, zakřivení, středová tloušťka) byly ověřeny na vybraném vzorku čoček.

Nejčastěji se u sférických a multifokálních čoček objevuje hodnota průměru 14,2 mm. U torických čoček je nejčastěji zastoupenou hodnotou průměru 14,5 mm. U zakřivení zadní plochy se u všech typů kontaktních čoček (sférické, torické, multifokální) nejvíce opakuje hodnota 8,6 mm.

Při měření průměru relativní odchylka u žádného z 21 vybraných vzorků čoček nepřekročila 1 %. U žádné z čoček nebyl naměřen rozdíl mezi udávanou a skutečnou hodnotu větší než 0,1 mm.

Při měření zakřivení nebyl na hladině významnosti 0,05 nalezen statisticky významný rozdíl mezi naměřenou hodnotou a hodnotou deklarovanou výrobcem u 21 z 22 vzorků. Z 95,45 % tedy údaje odpovídají. Pouze v jednom případě naměřená hodnota neodpovídala údaji na blistru.

Při měření středové tloušťky jsem zjistila, že u žádného z 8 vzorků se na hladině významnosti 0,05 nenachází statisticky významný rozdíl mezi naměřenou a deklarovanou hodnotou. Hodnoty středové tloušťky ve 100 % případů odpovídaly udávaným údajům.

Ukázalo se, že platnost všech hypotéz byla potvrzena. Lze konstatovat, že cíle práce byly splněny.

Vhodné tvarové parametry jsou základním předpokladem pro zdravé a zároveň pohodlné nošení kontaktních čoček. Jsem ráda, že u většiny testovaných čoček se prokázala dobrá shoda mezi deklarovanými a naměřenými parametry. Zjištěné odchylky však potvrzují, že v případě problémů je lepší parametry kontaktní čočky přeměřit, než spoléhat pouze na údaje uvedené na obalu.

Seznam použité literatury

- [1] KUCHYNKA, Pavel. *Oční lékařství*. 2. doplněné a přepracované vydání. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5079-8.
- [2] ROZSÍVAL, Pavel. *Oční lékařství*. 2. přepracované vydání. Praha: Galén, 2017. ISBN 978-80-7492-316-6.
- [3] PETROVÁ, Sylvie, Zdeňka MAŠKOVÁ a Tomáš JUREČKA. *Základy aplikace kontaktních čoček*. 2. doplněné a přepracované vydání. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů v Brně, 2008. ISBN 978-80-7013-470-2.
- [4] KRACHMER, Jay a David A. PALAY. *Cornea Atlas*. 3rd Edition. Saunders, 2013. ISBN 978-1-455-74060-4.
- [5] WILSON, Steven E. Bowman's layer in the cornea – structure and function and regeneration. *Experimental Eye Research*[online]. 2020, 195, 1 [cit. 2021-02-10]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S001448352030292X>
- [6] KVAPILÍKOVÁ, Květa. *Anatomie a embryologie oka*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2000. ISBN 80-7013-313-9.
- [7] MANNIS, Mark J. a Edward J. HOLLAND. *Cornea: Fundamentals, Diagnosis and Management* [online]. Fourth edition. Edinburgh: Elsevier, 2017 [cit. 2021-02-10]. ISBN 978-0-323-35758-6.
- [8] SYNEK, Svatopluk, Šárka ŠKORKOVSKÁ. *Fyziologie oka a vidění*. Praha: Grada, 2004. ISBN 80-247-0786-1
American Journal of Ophthalmology. Elsevier, 1952, 35(4), 507-521.
- [9] BRON, A. J., J. M. TIFFANY, S. M. GOUVEIA, N. YOKOI a L. W. VOON. Functional aspects of the tear film lipid layer. *Experimental Eye Research Volume 78, Issue 3, March 2004, Pages 347-360* [online]. 2004, 78(3), 347-360 [cit. 2021-02-11]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0014483503003038>
- [10] FERRERO, Nino M. D. Leonardo da Vinci: Of the Eye: An Original new Translation from Codex D. *American Journal of Ophthalmology*. Elsevier, 1952, 35(4), 507-521.
- [11] PHILLIPS, Anthony J., Lynne SPEEDWELL. *Contact lenses*. Sixth edition. Edinburgh: Elsevier, 2019. ISBN 978-0-7020-7168-3

- [12] EFRON, N. *Contact lens practice*. Third edition. Edinburgh: Elsevier, 2018. ISBN 978-0-7020-6660-3.
- [13] GYÖRFFY, István. Geschichte der Sklerallinsen aus PMMA. *Contactologia*. Karger Publishers, 1980, 2, 143-149.
- [14] MICHÁLEK, J., D. CHMELÍKOVÁ, E. CHYLÍKOVÁ KRUMBHOLCOVÁ, J. PODEŠVA a M. DUŠKOVÁ SMRČKOVÁ. Historie měkkých kontaktních čoček aneb jak to bylo doopravdy. *Chemické listy* [online]. 2008, 112(3), 145-146 [cit. 2020-11-20]. Dostupné z: <http://ww.w.chemicke-listy.cz/ojs3/index.php/chemicke-listy/article/view/3025/3014>.
- [15] WICHTERLE, Otto. *Vzpomínky. Žďár n. Sázavou*: Impreso, 1992.
- [16] BOWDEN, Timothy J. *Contact lenses: the story: a history of the development of contact lenses*. Gravesend, Kent: Bower House, 2009. ISBN 9780955898105.
- [17] ČESKÁ KONTAKTOLOGICKÁ SPOLEČNOST: *Základní kurz školení kontaktologů*. Vyd. 1., Praha: Česká kontaktologická společnost, 2004, 72 s.
- [18] BHAMRA, Tarnveer S. a Brian J. TIGHE. Mechanical properties of contact lenses: The contribution of measurement techniques and clinical feedback to 50 years of materials development. *Contact Lens and Anterior eye*. Elsevier, 2017, 40(2), 70-81. ISSN 1367- 0484.
- [19] MICHÁLEK J.: *Materiály kontaktních čoček* [přednáška], Kladno ČVUT FBMI, 2020
- [20] MICHÁLEK, J., R. Hobzová, M. Přádny, M. Dušková. Hydrogels contact lenses. *Biomedical Applications of Hydrogels Handbook*. New York: Springer, 2010 - (Ottenbrite, R.; Park, K.; Okano, T.). 303-315. ISBN 978-1-4419-5918-8
- [21] MORGAN, Philip B. a Nathan EFRON. The evolution of rigid contact lens prescribing. *Contact Lens and Anterior Eye*. Elsevier, 2008, 31(4), 213-214.
- [22] *Kontaktologické listy*. Praha: Česká kontaktologická společnost, 1/2015 a 1/2016
- [23] MICHÁLEK, Jiří, Miroslava DUŠKOVÁ SMRČKOVÁ, Martin PŘÁDNÝ a Eva CHYLÍKOVÁ KRUMBHOLCOVÁ. Příběh jednoho materiálu, aneb 2-hydroxythely-methakrylát: monomer, polymer, vlastnosti a aplikace. *Chemické listy* [online]. 2018, 112(8), 490-497 [cit. 2020-12-12]. Dostupné z: <http://ww.w.chemicke-listy.cz/ojs3/index.php/chemicke-listy/article/view/3148/3132>

- [24] *2-hydroxyethyl methacrylate* [online]. [cit. 2021-5-6]. Dostupné z: <https://www.wikidata.org/wiki/Q424799#/media/File:2-Hydroxyethylmethacrylat.svg>
- [25] MICHÁLEK J.: *Když se řekne silikonhydrogel* [přednáška], Kladno ČVUT FBMI, 2019
- [26] RATNER, Buddy D., Allan S. HOFFMAN, Frederick J. SCHOEN a Jack E. LEMONS. *Biomaterials Science: An Introduction to Materials in Medicine*. 3. Academic Press, 2013. ISBN 978-0-12-374626-9.
- [27] SINHA, Rajesh a Vijay Kumar DADA. *Textbook of Contact Lenses*. 5. Jaypee Brothers Medical Publishers, 2017. ISBN 978-93-86150-44-8.
- [28] Asférické kontaktní čočky. *Čočky-kontaktní.cz* [online]. [cit. 2020-12-02]. Dostupné z: <https://www.cocky-kontaktni.cz/slovník/asfericke-kontaktni-cocky.html>
- [29] MÜLLER-TREIBER, Andrea. *Kontaktlinsen Know-how*. 2. Auflage. Heidelberg: DOZ Verlag, 2010. ISBN 978-3-922269-92-2.
- [30] VEYS, Jane, John MEYLER and Ian DAVIES. *Essential contact lens practice*. Pinewood, Wokingham, Berkshire: The Vision Care Institute of Johnson & Johnson Medical Ltd, 2009. ISBN 978-0-7506-4912-4
- [31] EFRON, Nathan, Philip B. MORGAN a Smaragda S. KATARSA. Validation of grading scales for contact lens complications. *Ophthal. Physiol. Opt.* [online]. 2000, 21(1), 17-29 [cit. 2020-11-23]. Dostupné z: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1046/j.1475-1313.1999.00420.x-i1?saml_referrer
- [32] Komfort kontaktních čoček. *Česká oční optika*. 2018, (1), s. 70. ISSN 1211-233X
- [33] AUTRATA Rudolf, Jana VANČUROVÁ. *Nauka o zraku*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2002. ISBN 80-7013-362-7
- [34] MICHÁLEK J.: *Základní parametry kontaktních čoček a jejich význam pro praxi* [přednáška], Kladno ČVUT FBMI, 2020
- [35] STAPLETON, F., S. STRETTON, E. PAPAS, C. SKOTNITSKY a D. F. SWEENEY. Silicone Hydrogel Contact Lenses and the Ocular Surface. *Ocular Surface* [online]. Elsevier, 2006, 4(1), 24-43 [cit. 2021-02-18]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1542012412702628>

- [36] *Contact Lens Complications*. 3rd Edition. Saunders, 2012. ISBN 978-0-7020-4269-0.
- [37] The Conjunctival Response to Soft Contact Lens Wear: A Practical Guide. *Optometry in Practice* [online]. 2010, **11**(3), 124 [cit. 2020-12-20]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/277847166_The_conjunctival_response_to_soft_contact_lens_wear_A_practical_guide.
- [38] BOWDEN, T.J. *Contact Lenses: The story*. Gravesend: Bower House Publications, 2009. ISBN978-0-9558981-0-5
- [39] DVOŘÁKOVÁ, K. *Sagitální hloubka komerčních kontaktních čoček a její vhodnost pro statistický soubor klientů*. Kladno, 2019, s 5-6. Bakalářská práce. FBMI ČVUT. Vedoucí práce Jiří Michálek
- [40] ECOO Blue Book. *European Council of Optometry and Optics* [online]. 2020 [cit. 2020-12-29]. Dostupné z: https://www.ecoo.info/wp-content/uploads/2020/10/ECOO-BlueBook-2020_website.pdf
- [41] *Čočky-kontaktní.cz* [online]. [cit. 2021-03-13]. Dostupné z: <https://www.cocky-kontaktni.cz/kontaktni-cocky.html>
- [42] *Alensa* [online]. [cit. 2021-03-13]. Dostupné z: <https://www.alensa.cz/kontaktni-cocky.html>
- [43] *Kontaktní.cz* [online]. [cit. 2021-03-13]. Dostupné z: <https://www.kontaktni.cz>
- [44] LAMPA, Matthew a Beth KINOSHITA. What makes custom lens custom and how to use them successfully in practice. *Contact Lens Spectrum* [online]. 2017 [cit. 2021-4-1]. Dostupné z: <https://www.clspectrum.com/supplements/2017/november-2017/contact-lens-spectrum-special-edition-2017-your-g/what-makes-custom-lenses-custom>
- [45] Alden Optical. *Bausch+Lomb* [online]. [cit. 2021-4-1]. Dostupné z: https://www.bauschsvp.com/Portals/207/assets/REF-MTB-0014-AldenSoftPackage%20Insert%20Version%20HP_CL_AM%202016_1.pdf
- [46] CVUE® Advanced HydraVUETM. *Bausch+Lomb* [online]. [cit. 2021-4-1]. Dostupné z: <https://www.bauschsvp.com/Portals/207/assets/Cvue-hydravue-package-insert.pdf>

- [47] Speciality Vision Products Collection. *ABB Contact Lens* [online]. [cit. 2021-4-1]. Dostupné z: https://www.abboptical.com/sites/default/files/pdf/Specialty_Vision_Products_Collection.pdf
- [48] UltraVision CLPL. *Avanti Monthly Disposable Soft Contact Lenses* [online]. [cit. 2021-4-1]. Dostupné z: <https://www.ultravision.co.uk/product-range/>

Seznam symbolů a zkratk

ACLM	Asociace výrobců kontaktních čoček
BCOR	back optic zone radius
BZOR	back central optic radius
CAB	acetobutyrate celulosy
DMA	N,N-dimethylakrylamid
EDMA	ethylendimethakrylát
FDA	Food and drug administration
HEMA	2-hydroxyethylmethakrylát
HVID	horizontální průměr duhovky (horizontal visible iris diameter)
KČ	kontaktní čočka
PHEMA	poly(2-hydroxyethylmethakrylát)
PMMA	poly(methylmethakrylát)
PVP	polyvinylpyrrolidon
RGP	tvrdé plynopropustné čočky (rigid gas permeable)
TEGDMA	triethylenglykoldimethakrylát
TPVC	karbamátem substituovaná TRIS struktura

Seznam obrázků

- Obr. 1** 2-hydroxyethyl-methakrylát (HEMA)
- Obr. 2** TRIS struktura
- Obr. 3** Schéma tvarových parametrů spojné a rozptylné čočky
- Obr. 4** Stupně limbálního podráždění podle Efrona
- Obr. 5** Rozsah průměrů sférických KČ
- Obr. 6** Rozsah průměrů torických KČ
- Obr. 7** Rozsah průměrů multifokálních KČ
- Obr. 8** Rozsah zakřivení sférických KČ
- Obr. 9** Rozsah zakřivení torických KČ
- Obr. 10** Rozsah zakřivení multifokálních KČ
- Obr. 11** Analyzátor kontaktních čoček OPTIMEC JCF/F
- Obr. 12** Defekt okraje kontaktní čočky Pure Vision 2 při měření jejího průměru
- Obr. 13** Měření zakřivení kontaktní čočky na OPTIMEC JCF/F
- Obr. 14** Tloušťkoměr
- Obr. 15** Odchylka naměřených hodnot průměru od hodnot udávaných výrobcí
- Obr. 16** Odchylka naměřených hodnot zakřivení od hodnot udávaných výrobcí
- Obr. 17** Odchylka naměřených hodnot středové tloušťky od hodnot udávaných výrobcí

Seznam tabulek

Tab. 1 Materiály pro tvrdé kontaktní čočky (FOCON)

Tab. 2 Materiály pro měkké kontaktní čočky (FILCON)

Tab. 3 Dělení materiálů podle FDA

Tab. 4 Přehled sférických čoček jednodenních

Tab. 5 Přehled sférických čoček s plánovanou čtrnáctidenní výměnou

Tab. 6 Přehled sférických čoček s plánovanou měsíční výměnou

Tab. 7 Přehled torických čoček jednodenních

Tab. 8 Přehled torických čoček s plánovanou čtrnáctidenní výměnou

Tab. 9 Přehled torických čoček s plánovanou měsíční výměnou

Tab. 10 Přehled multifokálních čoček jednodenních

Tab. 11 Přehled multifokálních čoček s plánovanou čtrnáctidenní výměnou

Tab. 12 Přehled multifokálních čoček s plánovanou měsíční výměnou

Tab. 13 Nejčastěji zastoupené hodnoty průměrů

Tab. 14 Nejčastěji zastoupené hodnoty zakřivení

Tab. 15 Uváděné a naměřené hodnoty průměrů

Tab. 16 Uváděné a naměřené hodnoty zakřivení

Tab. 17 Srovnání testovacího kritéria s kritickou hodnotou u zakřivení

Tab. 18 Uváděné a naměřené hodnoty středové tloušťky

Tab. 19 Srovnání testovacího kritéria s kritickou hodnotou u středové tloušťky