

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY PALACKÉHO V OLOMOUCI  
KATEDRA OPTIKY

# HYBRIDNÍ KONTAKTNÍ ČOČKY A JEJICH VYUŽITÍ

Bakalářská práce

VYPRACOVAL:

Tereza Nechvátalová

obor 5345R008 OPTOMETRIE

studijní rok 2020/2021

VEDOUCÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE:

Mgr. Lenka Musilová, Dis., Ph.D.

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem písemnou práci zpracovala samostatně pod vedením Mgr. Lenky Musilové, Dis., Ph.D., za použití informačních zdrojů, které jsou uvedeny v závěrečném soupisu použitých zdrojů.

V Olomouci dne 5.5.2021

.....

Tereza Nechvátalová

### **Poděkování**

Ráda bych poděkovala Mgr. Lence Musilové, Dis., Ph.D., za konzultace, cenné rady a připomínky při zpracování této bakalářské práce. Tato práce vznikla za podpory projektů IGA PřF UP v Olomouci s názvem „Optometrie a její aplikace“, č. IGA\_PrF\_2020\_008 a IGA\_PrF\_2021\_012.

# Obsah

ÚVOD.....	5
1 HISTORIE HYBRIDNÍCH KONTAKTNÍCH ČOČEK .....	6
1.1 První hybridní kontaktní čočky .....	7
1.2 Moderní hybridní kontaktní čočky.....	8
2 MATERIÁLY, DESIGN A VLASTNOSTI HYBRIDNÍCH KONTAKTNÍCH ČOČEK.....	9
2.1 Přehled materiálů .....	9
2.1.1 RGP materiál .....	9
2.1.2 Hydrogelový materiál.....	10
2.1.3 Silikon-hydrogelový materiál.....	10
2.2 Design hybridních kontaktních čoček.....	11
2.2.1 Design torických hybridních kontaktních čoček .....	12
2.2.2 Design multifokálních hybridních kontaktních čoček.....	12
2.2.3 Piggyback systém .....	13
2.3 Vlastnosti hybridních kontaktních čoček.....	14
3 INDIKAČNÍ KRITÉRIA.....	17
3.1 Pravidelná rohovka.....	17
3.2 Nepravidelná rohovka .....	18
3.2.1 Ektázie rohovky.....	19
4 APLIKACE HYBRIDNÍCH KONTAKTNÍCH ČOČEK.....	22
4.1 Výběr vhodné hybridní kontaktní čočky.....	22
4.2 Vlastní aplikace.....	24
4.3 Zhodnocení správné aplikace.....	25
4.4 Vhodná péče o hybridní kontaktní čočky.....	27
5 AKTUÁLNÍ SITUACE NA TRHU .....	28
5.1 Společnost SynergEyes .....	28
5.2 Laboratoire LCS, Swisslens .....	31
ZÁVĚR .....	32
SEZNAM ZDROJŮ .....	33
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	37

# Úvod

V dnešní době jsou kontaktní čočky velice oblíbenou a preferovanou korekční pomůckou. Uživatelů kontaktních čoček stále přibývá, a tím i různých typů, materiálů a designů pro kontaktní čočky. V souvislosti s nošením kontaktních čoček se mohou u uživatelů objevovat různá onemocnění, která mohou být velmi nepříjemná a mohou ohrozit zrak nositele. Proto se výrobci kontaktních čoček snaží používat co nevhodnější materiály, aby kontaktní čočky byly biokompatibilní, propouštěly co nejvíce kyslíku a umožňovaly průchod živin ze slzného filmu k rohovce. Kontaktní čočky se využívají zejména pro korekci dioptrické vady, mohou však mít i terapeutický či kosmetický efekt.

Tato práce se zabývá hybridními kontaktními čočkami. Tyto kontaktní čočky se využívají ke korekci refrakční vady, k řešení keratokonu a dalších onemocnění rohovky. Jedná se o spojení RGP kontaktní čočky a silikon-hydrogelového či hydrogelového okraje pomocí speciálního patentovaného spoje. Hybridní kontaktní čočky poskytují nositelům potřebné vlastnosti, zejména vysokou propustnost pro kyslík a komfort při nošení. Představují spojení vlastností pevných RGP kontaktních čoček a měkkých hydrogelových či silikon-hydrogelových kontaktních čoček.

První část práce se věnuje historickému vývoji hybridních kontaktních čoček, původu jejich vzniku a prvotní myšlence. Další část popisuje materiály a design těchto čoček. Zaměřuje se na materiály pevné centrální části čočky a měkkého okraje čočky. V této části je také popsán design sférické, torické i multifokální hybridní kontaktní čočky. Stěžejní část se zabývá aplikací hybridních kontaktních čoček, vyhodnocením správné aplikace a následnou péčí o kontaktní čočky. Následující část charakterizuje potenciálního uživatele hybridních kontaktních čoček. Závěrem bude zmíněna aktuální dostupnost hybridních kontaktních čoček na trhu.

Cílem této práce je shrnout aktuální poznatky v oblasti hybridních kontaktních čoček a informovat veřejnost o možnostech aplikace hybridních kontaktních čoček, které mohou mít příznivý vliv pro nositele kontaktních čoček, o jejich pozitivních i negativních vlastnostech a o typech hybridních kontaktních čoček, které se vyskytují na současném trhu.

# 1 Historie hybridních kontaktních čoček

První, kdo se zajímal o korekci oční vady pomocí nějakého optického systému přiloženého přímo na rohovku, byl Leonardo da Vinci už v 16. století. Tento objev odstartoval dlouholetý vývoj kontaktních čoček až k dnešní podobě. [1]

Dalším průlomem v oblasti kontaktních čoček bylo objevení materiálu PMMA (polymethylmethakrylát) v roce 1936. Z tohoto materiálu se vyráběly sklerální kontaktní čočky. Během druhé světové války se ukázalo, že materiál PMMA je biologicky inertní, méně křehký než sklo, průhledný a snadno obrobitelný. V roce 1948 byl udělen patent Kevinu Tuohyovi za „tvrdou korneální čočku“. Největší nevýhodou materiálu PMMA byla jeho nízká propustnost pro plyny (kyslík), vodu a ve vodě rozpustné látky. [1]

Následný vývoj kontaktních čoček z pevných materiálů se soustředil především na vyšší propustnost pro kyslík (a dalších plynů). Vznikl tedy RGP (rigid gas permeable – pevný plynopropustný) materiál, který se skládá z PMMA řetězců, do kterých jsou vloženy siloxanové struktury. K rozvoji dalších materiálů pro pevné kontaktní čočky došlo v roce 1974, kdy Norman Gaylord přišel se silikonovým akrylátem. Následně byly do pevných materiálů přidávány látky styren a fluor, a to kvůli zlepšení biokompatibility. Tyto čočky mají vysokou propustnost pro kyslík a vysokou povrchovou smáčivost. Zároveň jsou tyto čočky vyráběny individuálně podle parametrů klienta. [1,2]

Materiál pro měkké hydrogelové kontaktní čočky objevil profesor Otto Wichterle a doktor Drahošlav Lim v padesátých letech minulého století. V lednu 1960 tento objev publikovali v časopise Nature pod článkem s názvem „Hydrofilní gely pro biologické aplikace“. Byl to materiál HEMA (hydroxyethylmethakrylát). Čočky z tohoto materiálu se vyráběly pomocí lití. Tento pokus se neseťkal s podporou od Ústavu makromolekulárního výzkumu v Československu. Profesor Wichterle si poté nechal patentovat materiál PHEMA (poly(2-hydroxyethylmethakrylát)). Za pomoci dětské stavebnice (Merkur) se mu podařilo přijít s nápadem na novou techniku výroby měkkých kontaktních čoček, a to odstředivě lití. Nakonec se mu podařilo přesvědčit své kolegy a společně provedli další zkoušky materiálu v ústavu. Patent na komerční vývoj měkkých kontaktních čoček získala firma Bausch & Lomb, která uvedla na světový trh své měkké kontaktní čočky v roce 1972. Tyto čočky byly velmi pohodlné a biologicky kompatibilní.

Hydrogelové čočky jsou měkké, smáčivé, biologicky kompatibilní, propouštějí vodu a ve vodě rozpustné látky a omezeně propouštějí i plyny. [1,2]

Největší výhodou hydrogelových kontaktních čoček je komfort při nošení a přesnost centrace. U pevných čoček jsou to především kvalitní optické vlastnosti a výborná zraková ostrost u většiny nositelů. Přirozeně vniká touha po spojení těchto pozitivních vlastností materiálů a minimalizování jejich negativ. Vzniká tedy systém „piggyback“. Přestože se u tohoto systému mohou objevit negativní účinky, jako například otok rohovky z nedostatku kyslíku či neovaskularizace, je používán dodnes. Jedná se o systém, který se skládá z hydrogelové měkké čočky a pevné čočky. Princip spočívá v tom, že je aplikována měkká kontaktní čočka na rohovku, a na ni je aplikována pevná kontaktní čočka (pevná čočka je aplikována na měkkou). Piggyback systém tedy představuje speciální typ kontaktní čočky, kdy jsou na sebe přiloženy dva rozdílné materiály (hybridní kombinace materiálů) bez dalšího propojení. V pravém slova smyslu však považujeme za hybridní kontaktní čočky takovou formu korekce, kdy jsou tyto rozdílné materiály (pevná a měkká kontaktní čočka) již nějakým specifickým způsobem spojeny, viz následující kapitoly. [3]

## **1.1 První hybridní kontaktní čočky**

První hybridní technologie byla patentována dvěma vědci (Charles A. Erikson a Amar N. Neogi) v roce 1977 a získala ji společnost Precision Cosmet Co., Inc. V roce 1984 byla schválena americkým úřadem pro kontrolu potravin a léčiv (U.S. Food and Drug Administration, FDA) hybridní kontaktní čočka Saturn II. Jednalo se o hybridní čočku, kde střed tvořila pevná čočka, která byla molekulárně spojená s měkkým hydrogelovým okrajem. Problémem u této čočky byl materiál s nízkou propustností pro kyslík a s omezenými možnostmi parametrů, což vedlo k těsnému nasazení kontaktní čočky. Hybridní technologii zakoupila společnost Sola Barnes-Hind, Inc., kde byla technologie přepracována pomocí pokročilejších výrobních procesů. Hybridní kontaktní čočky SoftPerm byly přizpůsobivější, tedy i pohodlnější, ale potíže s nedostatečnou propustností pro kyslík a přílišnou těsností čočky stále přetrvávaly. Byly vyzorovány časté obtíže spojené s nošením hybridních čoček, a to zarudnutí, infiltráty v čočce, otoky, neovaskularizace a epiteliální eroze. U některých nositelů bylo odhaleno rozpojení vazby mezi pevným středem čočky a jejím měkkým okrajem. Tyto čočky byly používány až do roku 2010. [3]

## 1.2 Moderní hybridní kontaktní čočky

V roce 2001 zahájila svůj vývoj hybridních kontaktních čoček společnost Quarter Lambda Technologies Inc. (později SynergEyes, Inc.), která získala schválení od FDA v roce 2005. Kontaktní čočky SynergEyes měly vylepšené klíčové vlastnosti. Centrální pevná část měla vyšší propustnost pro kyslík, patentová technologie Hyperbond udržovala lepší spojení mezi pevným středem a měkkým okrajem, zvýšila se smáčivost měkkého kraje čočky a došlo především k rozšíření parametrů hybridních čoček. Čočka SynergEyes nabízela čtyři varianty, a to torickou čočku (SynergEyes A), čočku určenou pro keratokonus (SynergEyes KC), pooperační čočku (SynergEyes PS) a čočku určenou pro řešení presbyopie (SynergEyes Multifocal). Další designy hybridních kontaktních čoček vycházejí ze základní teorie SynergEyes. Přestože došlo ke značnému zlepšení klíčových vlastností hybridních čoček, některé problémy zůstávají i nadále. Mezi tyto potíže patří nízká propustnost pro kyslík u hydrogelového okraje, omezené použití u lehkého až středně těžkého průběhu keratokonu a u jiných nepravidelných rohovek, přílišná přiléhavost (těsnost) čočky a potíže při vyjmutí čočky. Skupina kontaktních čoček určených pro keratokonus a nepravidelné rohovky byla rozšířena o kontaktní čočku s designem ClearKone. Tato kontaktní čočka využívá „klenbu“ nad rohovkou prostřednictvím reverzní geometrie. Může se tak předejít kontaktu s rohovkou, zlepšuje se tok slz a snižují se nadměrné účinky slzných čoček na vidění. Postupně došlo i k rozvoji hybridních čoček pro pravidelné rohovky a nositele torických čoček. Tato řada se nazývá Duette. Čočky z řady Duette využívají místo hydrogelového materiálu okraje materiál silikon-hydrogelový, který má vyšší propustnost pro kyslík. Řada Duette má také dvě varianty multifokálních hybridních čoček, jedna využívá simultánní design „Add Zone“, který se podobá původnímu typu multifokálních čoček SynergEyes. Druhá varianta využívá koncept „center-near“ (střed – blízko). Nejnovějším typem je čočka UltraHealth, která má pevný střed, silikon-hydrogelový okraj s vysokou propustností pro kyslík a systém variabilní „klenby“ pro eliminaci nepravidelností rohovky. Čočky UltraHealth jsou vhodné pro pacienty s marginální pellucidní degenerací nebo po laserové operaci. V příštích letech lze očekávat další vývoj v oblasti hybridních kontaktních čoček, a to zejména materiálů a designů čoček. [3]



## **2 Materiály, design a vlastnosti hybridních kontaktních čoček**

### **2.1 Přehled materiálů**

Hybridní kontaktní čočky (momentálně dostupné čočky od firmy SynergEyes) se skládají z centrální RGP části, která je vyrobená z pevného materiálu Paragon HDS100 (Paflucocon D) a měkkého okraje, který je vyroben z neiontového hydrofilního hydrogelového materiálu (PolyHEMA hem-iberfilcon A) s obsahem vody 27 %. Nejnovější typy hybridních kontaktní čoček mají měkkou část tvořenou silikon-hydrogelovým materiálem. Tyto části jsou spojeny pomocí patentové technologie „Hyperbond“, tento spoj má dostatečnou odolnost a pevnost. Povrch čočky je potažen speciální povrchovou úpravou „HydroEyes“, která zlepšuje povrchovou smáčivost. Průměr RGP zóny je 8,4 mm a celkový průměr hybridní kontaktní čočky včetně měkkého okraje je 14,5 mm. Nejnovější produkty společnosti SynergEyes jsou k dispozici s povrchovou úpravou Tangible Hydra-PEG. Hydra-PEG je technologie vyvinutá společností Tangible Science, která zprostředkovává přísun 90% vodní polymerní směsi na bázi polyethylenglykolu (PEG) na přední a zadní povrch kontaktní čočky. Tato povrchová úprava zajišťuje lepší smáčivost a povrchové zadržování vody. [4, 5, 7, 9]

#### **2.1.1 RGP materiál**

Moderní plynopropustné pevné kontaktní čočky (RGP) se velice liší od původních pevných kontaktních čoček z PMMA. Materiál RGP kontaktních čoček je založen na fluoro-silikonových nebo siloxanových (PDMS - polydimethylsiloxan a TRIS – 3- [tris(trimethylsilyloxy)silyl]propyl methakrylát) akrylátových skupinách, spolu s hydrofilními monomery, jako jsou HEMA (hydroxyethylmethakrylát), NVP (N-vinylpyrrolidon) a kyselina methakrylátová (MAA). Společnost Bausch & Lomb získala patent na polysiloxan kopolymerizovaný s prepolymerem močoviny skupin na výrobu čoček RGP. Částice močoviny přinášejí hydrofilní vlastnosti. RGP kontaktní čočka vzniká pomocí vinylem zakončenými prepolymerem kopolymerizovanými se známými monomery (NVP, MAA, MMA – methylmethakrylát a TRIS). V současné době je pro další vývoj materiálů upřednostňován spíše hydrogel před RGP materiálem. [10]

### 2.1.2 Hydrogelový materiál

Jedná se o polymerní materiál propustný pro kyslík s vysokým obsahem vody. Hydrogelové materiály obsahují 20–80 % vody v závislosti na jednotlivých monomerech, přičemž hydrogel složený pouze z HEMA složky obsahuje asi 38 % vody. Vysoce polární vlastnosti HEMA složky zajišťují dostatečnou smáčivost povrchu čočky. HEMA se kopolymerizuje s monomery, jako jsou EGDMA (ethylenglykol-dimethakrylát), MAA a NVP. NVP a MAA zvyšují obsah vody v hydrogelech díky hydrofilnímu charakteru. Tyto monomery ovlivňují také smáčivost povrchu. Mechanické vlastnosti lze vylepšit použitím síťující molekuly EGDMA. Obsah vody a síťování ovlivňuje modul pružnosti a propustnost pro kyslík. Komonomery MAA a NVP zvyšují ukládání bílkovin ze slzného filmu. Kvůli negativním vlastnostem (ukládání bílkovin, nízký antimikrobiální účinek) bylo třeba hledat jiné příměsi do HEMA struktury. K HEMA mohou být přidávány povrchově aktivní látky (především hydrofobní a hydrofilní látky) pro podporu snížení povrchového napětí. Hydrogel je stále předmětem současného výzkumu a vývoje dalších inovativních materiálů. [10]

### 2.1.3 Silikon-hydrogelový materiál

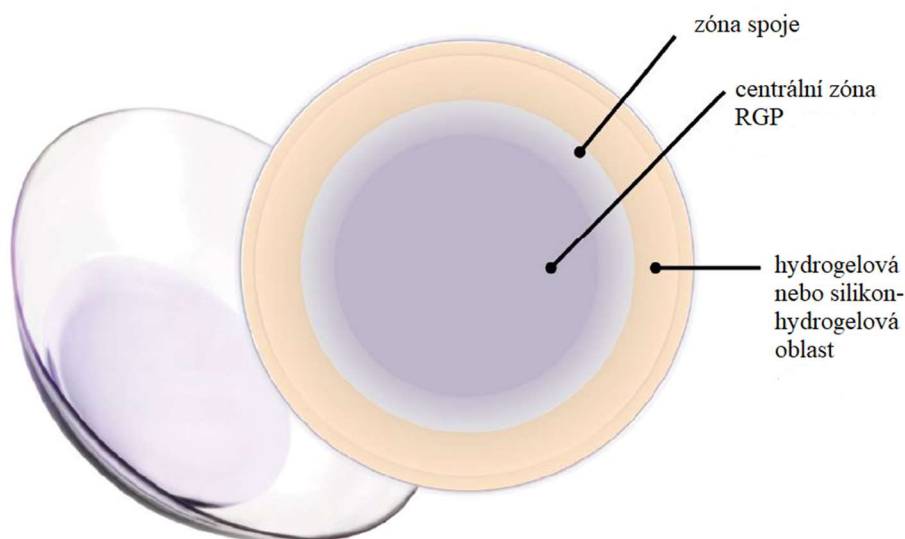
Prvními dvěma silikon-hydrogelovými materiály byly Balafilcon A a Lotrafilcon A. Oba tyto materiály jsou vysoce hydrofobní a bez povrchové úpravy nevhodné k použití pro kontaktní čočky. I s povrchovými úpravami mají tyto materiály problém se smáčivostí, s tuhostí (větší modul pružnosti než u hydrogelových materiálů) a s vyšším výskytem povrchových epiteliálních obloukových lézí, mucinových kuliček a CLPC (kontaktními čočkami způsobená papilární konjunktivitida) při kontinuálním nošení. [2]

Vzhledem k problémům prvních silikon-hydrogelových materiálů výrobci zaměřili svůj výzkum na výrobu silikon-hydrogelových materiálů s lepšími mechanickými i povrchovými vlastnostmi. Mezi tyto materiály patří zejména Galyfilcon A, Senofilcon A, Enfilcon A, Comfilcon A, Narafilcon A a další. Hlavní výhodou těchto materiálů je zvýšený obsah vody, snížený modul pružnosti a minimální povrchové úpravy. Galyfilcon A a Senofilcon A jsou složeny z modifikované molekuly TRIS, silikonového makromeru a hydrofilních monomerů, jako jsou například HEMA a DMA (N,N-dimethylakrylamid). Jako rozpouštědlo těchto složek se používá alkohol, který se extrahuje po procesu polymerace. Dále je k materiálu přidáván vysokomolekulární

PVP (polyvinylpyrrolidon), který slouží jako vnitřní smáčidlo (Hydraclear). PVP je zachyceno v matici materiálu, proto nemusí být povrch nijak upravován. PVP chrání silikon před účinky slzného filmu na povrchu kontaktní čočky. Comfilcon A neobsahuje TRIS, ale skládá se pouze z makromerů, které obsahují křemík. Tento materiál nevyžaduje žádné další povrchové úpravy ani smáčidlo. Má vysokou propustnost pro kyslík vzhledem k obsahu vody v materiálu. [2]

## 2.2 Design hybridních kontaktních čoček

Na začátku minulého desetiletí se na trhu objevily moderní designy hybridních kontaktních čoček vyrobených moderními technikami. Spoje mezi RGP středem a hydrogelovým okrajem byly vytvořeny moderními technikami lepení. Kontaktní čočka EyeBrid byla uvedena na trh v roce 2012 a je dodávána do laboratoří, které s touto čočkou dále pracují, ať už z pohledu designu nebo materiálu. Silikonová čočka EyeBrid je vyrobena z materiálu Contamac Optimum 100 RGP a silikon-hydrogelového materiálu Definitive, které se používají také pro výrobu čoček No7 Elements a Cantor & Nissel Hybrid. Tyto dva materiály jsou spájeny pomocí patentované technologie, která je společností popisována jako „polymerní šev“. Nejnovější čočky SynergEyes používají patentovou technologii, kde je silikon-hydrogelový materiál kovalentně spojen s pevnou částí čočky. Tento spoj vydrží tlak 10 newtonů, než dojde k poškození silikon-hydrogelového materiálu nikoliv spoje. [5]



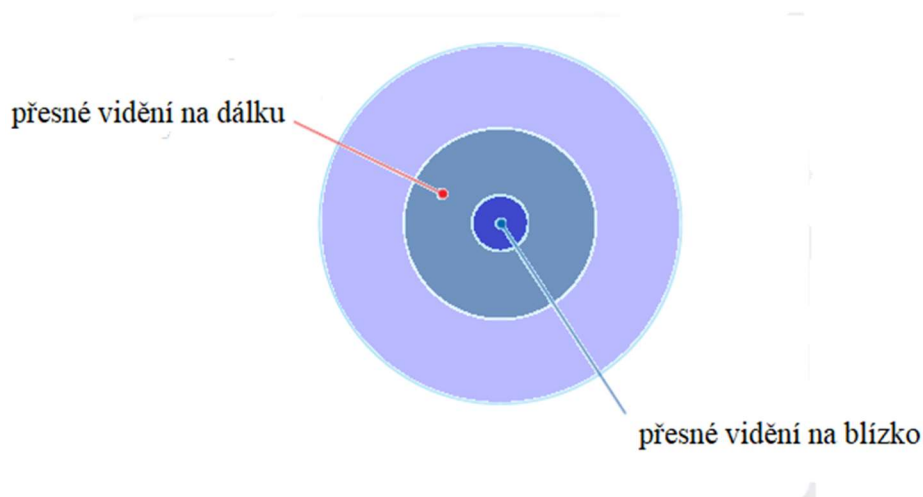
Obr. 1 – Moderní design hybridní kontaktní čočky (upraveno) [5]

## 2.2.1 Design torických hybridních kontaktních čoček

Velkou výhodou hybridních kontaktních čoček je princip korekce astigmatismu. Hybridní torické kontaktní čočky neobsahují žádné stabilizační prvky. V případě korekce astigmatismu je využívána slzná čočka, která vznikne mezi čočkou (RGP centrální zónou) a rohovkou, a která není závislá na rotaci/stabilizaci čočky. Tímto způsobem lze korigovat pacienty s nízkým až vysokým astigmatismem i s kombinací presbyopie a astigmatismu. [5]

## 2.2.2 Design multifokálních hybridních kontaktních čoček

Multifokální hybridní kontaktní čočky jsou rotačně symetrické. Mají dvě oblasti, z nichž centrální oblast zajišťuje korekci na blízkou vzdálenost a krajní oblast korekci na dálku (nebo naopak). Optická zóna pevné čočky (střed hybridní kontaktní čočky) je široká 7,8 mm a přechází přes spoj do hydrogelového okraje. Pevná část multifokální čočky je k dispozici v deseti základních poloměrech zakřivení v rozsahu od 7,10 mm do 8,00 mm v krocích po 0,10 mm. Pro snížení ohybu, který vyplývá z vyšších hodnot astigmatismu, je zesílen a vylepšen profil čočky. Multifokální čočky SynergEyes mají dvě velikosti středového segmentu (korekce na blízko), a to 1,9 mm a 2,2 mm. [6, 7]

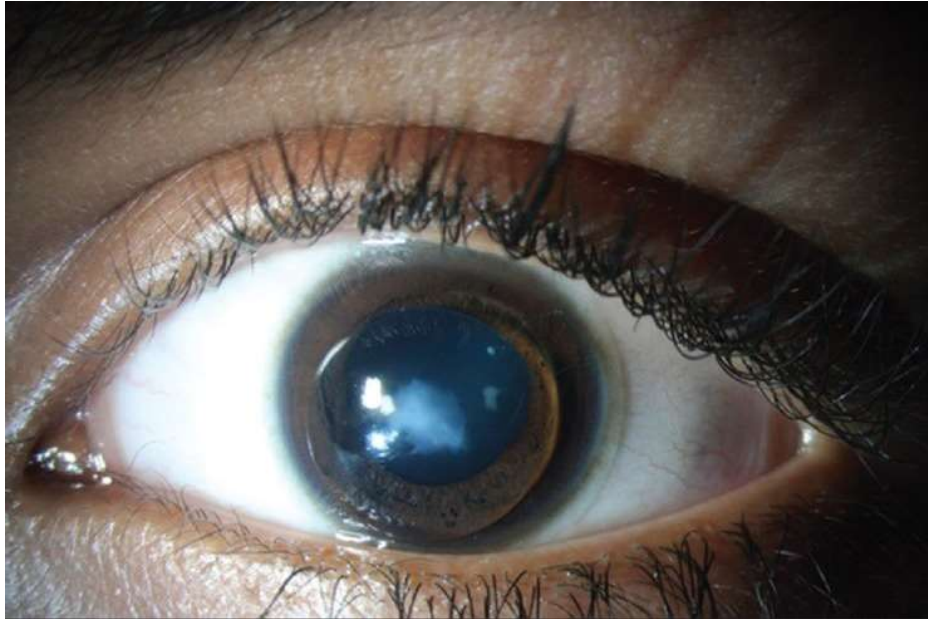


Obr.2 – Design hybridní multifokální kontaktní čočky s centrální částí pro korekci blízké vzdálenosti (upraveno) [6]

### 2.2.3 Piggyback systém

Jedná se o kombinaci dvou kontaktních čoček, jednou z nich je měkká hydrogelová kontaktní čočka a druhou z nich je pevná RGP kontaktní čočka. Termín piggyback se původně používal pro popis systému pevná čočka na jiné pevné čočce, aby byl vytvořen bifokální efekt. Piggyback systém bývá indikován u nositelů kontaktních čoček s pravidelnými i nepravidelnými rohovkami, z důvodu diskomfortu pevných kontaktních čoček, po refrakčních operacích (zejména LASIK), nestability či vypadávání RGP čoček, případně z důvodu zjizvení tkáně. Tento systém může pomoci ochránit rohovku před nežádoucími účinky souvisejícími s kontaktními čočkami. Ideálními kandidáty na aplikaci piggyback systému jsou především pacienti trpící keratokonem. Měkká kontaktní čočka je přichycená přímo na předním segmentu oka a slouží jako nosič pro pevnou čočku, která je přichycena na měkké čočce v oblasti rohovky. Ideální měkkou kontaktní čočku vhodnou pro piggyback systém je silikon-hydrogelová měkká kontaktní čočka. Silikon-hydrogelové materiály mají vyšší propustnost pro kyslík než klasické hydrogelové měkké kontaktní čočky, a jsou tužší, což jim umožňuje obepnout nepravidelnou rohovku. [7, 9]

Nejprve se nasazuje měkká kontaktní čočka. Jakmile se čočka přizpůsobí povrchu oka, provede se keratometrie nebo rohovková topografie na povrchu měkké čočky, kvůli výběru vhodné RGP čočky. Základní poloměr zakřivení RGP čočky je vybírán plošší s průměrem v rozmezí 9,0 až 9,5 mm. Následně je provedeno dynamické i statické přizpůsobení RGP čočky. Pohyby obou čoček jsou na sobě nezávislé. Přizpůsobení RGP čočky lze optimalizovat úpravou síly měkké kontaktní čočky. Existují speciálně na zakázku vyráběné měkké kontaktní čočky, které mají na povrchu drážku pro RGP kontaktní čočku. Výhodou tohoto systému je především kratší doba adaptace, měkká silikon-hydrogelová čočka poskytující epiteliální ochranu rohovky a komfort při nošení. Piggyback systém má i své nevýhody, a to zejména možnou ztrátu RGP čočky, papilární konjunktivitidu, komplikovanou péči, protože se nositel musí starat o pevnou i měkkou kontaktní čočku, a riziko změn okysličení rohovky kvůli dvěma čočkám. Samozřejmě zde hraje roli také finanční stránka, nositel musí investovat do pevné RGP čočky a zároveň i do měkké silikon-hydrogelové kontaktní čočky. [7, 9]



*Obr. 3 – Piggyback systém [7]*

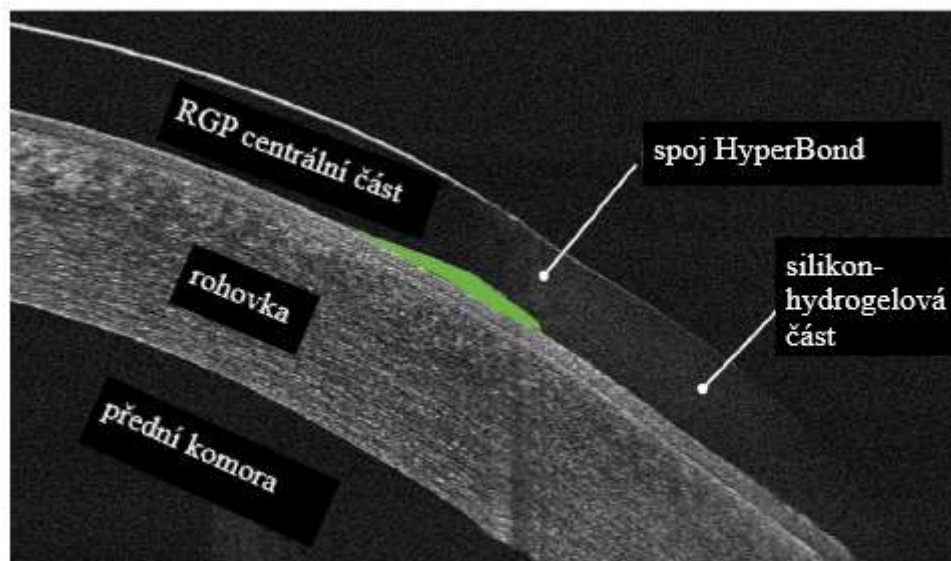
### **2.3 Vlastnosti hybridních kontaktních čoček**

Hybridní kontaktní čočky poskytují optické vlastnosti srovnatelné s pevnými kontaktními čočkami, vyšší komfort po nasazení, vykazují přesnější centraci a jsou stabilnější ve smyslu pohyblivosti na rohovce. Tyto čočky také vykazují nižší efekt zamlžování a mají vyšší propustnost pro kyslík. [8]

#### **Výměna slz**

U hybridních kontaktních čoček se v minulosti vyskytla problematika s přilnavostí a výměnou slz spolu s relativně nízkou propustností pro kyslík daného materiálu. Ideální hybridní kontaktní čočka umožňuje výměnu slz pod čočkou prostřednictvím dvou režimů. Jedním z těchto režimů je běžný pohyb čočky, tedy mrkání. Druhým tímto režimem je tzv. „slzné čerpadlo“, tedy interakce mezi víčkem a čočkou, díky čemuž je čočka tlačena směrem dovnitř a ven. Nejdůležitějším požadavkem pro všechny hybridní kontaktní čočky je zajištění optimálního pohybu čočky na slzném filmu. Výsledkem stagnujících slz pod hybridní čočkou je tzv. syndrom těsných čoček. Stagnující slzy pod čočkou způsobují toxickou reakci na rohovce. Abychom eliminovali rizika a komplikace tohoto syndromu, je vhodné zvolit pro aplikaci větší poloměr zakřivení čočky (lepší pohyblivost čočky). Pevná část hybridní čočky je volena podobně, aby se čočka mohla

pohybovat sem a tam. Pohyb pevné části čočky napomáhá prostupu slz pod hybridní kontaktní čočku. [5]



Obr. 4 – Průřez OCT zobrazující „zdvih“ mezi RGP pevnou částí a měkkou částí hybridní čočky Duette (upraveno) [5]

Studie W. A. Abou Samra et al. [12] poukazuje na významné zlepšení zrakové ostrosti a kvality vidění u pacientů s hybridními kontaktními čočkami. Pacienti vykazovali vyšší kontrastní citlivost s hybridními čočkami než s brýlemi. Měkká část a velký průměr hybridní čočky přispívají k její centraci a stabilitě na předním segmentu oka. Díky designu hybridní čočky (apikální odstup od rohovky) je možné korigovat nepravidelnosti slznou čočkou, a poskytovat tak ostré, jasné a konzistentní vidění. Pacienti hodnotili komfort při maximálním denním nošení  $10,1 \pm 3,1$  hodiny. Většina z nich uvedla vysoký stupeň pohodlí při používání hybridních kontaktních čoček. U 16,7 % pacientů se objevily alergické příznaky, jako svědění, nadměrný pohyb čočky a rozmazané vidění. Tyto komplikace se obvykle vyznačují drobnými papilami a hyperemií spojivky. Předpokládá se, že papilární konjunktivitida je důsledkem mechanického traumatu vyvolaného čočkou, zatímco její difúzní forma ukazuje přecitlivělost na usazeniny v kontaktních čočkách nebo na péči o kontaktní čočky. Výsledky této studie potvrdily, že konstrukce hybridních čoček je spojena s nízkou mírou chronické hypoxie a následnou neovaskularizací. Inovativní design sférických hybridních čoček poskytuje zlepšení kvality vidění, komfort a stabilitu s minimálními komplikacemi při řešení pravidelné astigmatické rohovky.

Výhodou hybridních kontaktních čoček je komfort při nošení, kvalita vidění a zachování zdravého povrchu rohovky. Režim výměny u hybridních čoček je šest měsíců a pacienti je mohou objednávat pouze prostřednictvím specializovaných pracovišť, což nabízí obrovskou výhodu pro budování praxe (specializace) pro hybridní kontaktní čočky. Výhodou hybridních kontaktních čoček oproti piggyback systému je péče o tyto čočky. U hybridních kontaktních čoček stačí jeden čistící roztok, obvykle to bývá peroxidový roztok. [9]

Nevýhodou hybridních kontaktních čoček u některých pacientů je jejich aplikace, a to především vyjímání kontaktní čočky. Hybridní kontaktní čočky starší generace (SynergEyes A, KC a ClearKone) mají měkký okraj tvořený hydrogelovou kontaktní čočkou, která má nižší propustnost pro kyslík. [9]



### 3 Indikační kritéria

Hybridní kontaktní čočky bývají indikovány u pacientů s normálními (pravidelnými) i nepravidelnými rohovkami, u pacientů, kteří používají RGP kontaktní čočky, a jsou dobrou alternativou ke sklerálním kontaktním čočkám. Hybridní kontaktní čočky nejsou vhodné pro korekci lentikulárního (čočkového) astigmatismu, a měly by být indikovány u pacientů s malým nebo žádným zbytkovým astigmatismem. [8, 9, 13]

Astigmatismus je stav, kdy oko nemá ve všech rovinách stejnou optickou mohutnost. Nejčastěji se můžeme setkat s rohovkovým astigmatismem. Fyziologicky může být rozdíl mezi vertikálním a horizontálním řezem 0,5 D. Bod se nezobrazuje jako bod, ale jako dvě kolmé linie (fokály). Nejčastější příčinou vzniku astigmatismu je vrozené nepravidelné zakřivení rohovky, pooperační či poúrazové stavy. Astigmatismus se projevuje poklesem zrakové ostrosti a může vést až k astenopickým potížím. Astigmatismus dělíme na pravidelný (regularis), který má vzájemně na sebe kolmé osy s největší a nejmenší lomivostí, a nepravidelný (irregularis), který nemá na sebe vzájemně kolmé osy. [15, 16]

#### 3.1 Pravidelná rohovka

Hybridní kontaktní čočky pro pravidelné rohovky jsou indikovány pro korekci myopie, hypermetropie, astigmatismu (při rozdílu mezi rohovkovým a refrakčním astigmatismem maximálně 0,75 D) a presbyopie. [8, 9, 13]

Tvar rohovky lze popsat pomocí čtyř základních parametrů: poloměrem zakřivení, tloušťkou epitelu a stromatu, pravidelností povrchu epitelu a mechanickými faktory, které mohou ovlivňovat povrch rohovky. Centrální část rohovky je přibližně sférická s průměrným poloměrem zakřivení 7,8 mm. Periferní část rohovky je asférická a radiálně asymetrická. Poloměr zakřivení se mění od středu rohovky směrem k limbu. [21]

Tvar normální rohovky je složitý, radiálně asymetrický a asférický. Lze jej považovat za sférocyklický nebo za součást elipsy. Povrch normální rohovky může mít tvar od kulatého přes oválný, motýlovitý až po nepravidelný tvar. Centrální zóna (apikální zóna, průměr 4 mm) je přibližně sférická a její zakřivení se nemění více než o 0,05 mm. Paracentrální zóna je prstencového tvaru (průměr 4-8 mm), která má obvykle plošší poloměr zakřivení. Periferní zóna je oblast maximálního zploštění rohovky a radiální

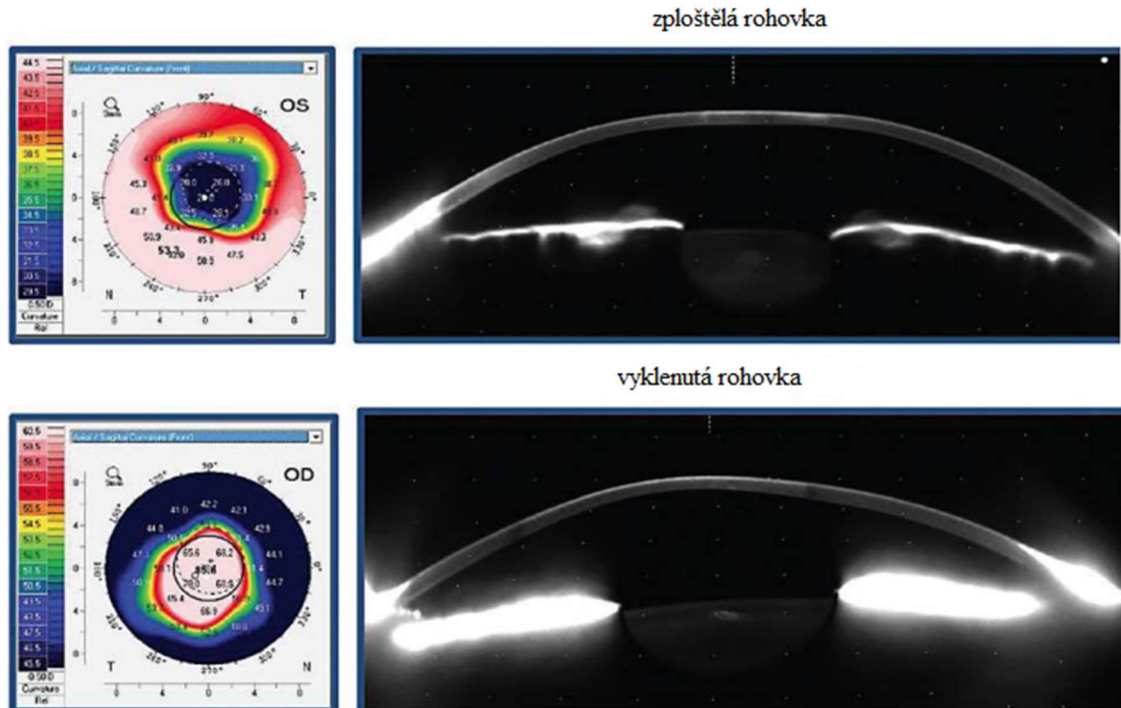
asymetrie. Limbální oblast je široká 0,5 – 1,0 mm a přiléhá ke sklěře. V místě přechodu mezi limbální oblastí a sklérou vzniká strmější sklerální rýha. [21]



Obr. 5 – Rohovková topografie a Scheimpflugova tomografie – normální rohovka (upraveno) [19]

### 3.2 Nepravidelná rohovka

Hybridní kontaktní čočky pro nepravidelné rohovky jsou indikovány u pacientů s ektázií rohovky (keratokonus, marginální pellucidní degenerace, keratoplastika). Nepravidelný profil rohovky může mít tvar od zploštělé až po vyklenutou rohovku. Všechny ovšem vykazují nepravidelný astigmatismus v důsledku degenerací rohovky, chirurgických zákroků nebo traumatu. Nepravidelný astigmatismus lze definovat různými způsoby. Jedná se o refrakční stav, ve kterém lomy v různých meridiánech nejsou rovinně symetrické. Zároveň se také jedná o astigmatický stav oka, který nelze vyřešit pomocí sféro-cylindrické korekce. Užitečným nástrojem pro diagnózu nepravidelného astigmatismu je rohovková topografie. Nepravidelné rohovky jsou stejně jedinečné jako například otisky prstů, proto neexistuje jedna velikost čočky pro všechny. Nepravidelný astigmatismus lze řešit pomocí různých designů kontaktních čoček, jako jsou korneální čočky, sklerální čočky, hybridní čočky, piggyback systém či speciální měkké čočky. Kontaktní čočky mají různé modalitty a je potřeba každý typ čočky přizpůsobit tak, aby se zvýšila pravděpodobnost úspěšné aplikace. [8, 9, 13, 17, 18, 19]



Obr. 6 – Rohovková topografie a Scheimpflugova tomografie – zploštělá rohovka (po radiální keratotomii) a vyklenutá rohovka (keratokonus) (upraveno) [19]

### 3.2.1 Ektázie rohovky

Ektázie rohovky je degenerativní onemocnění stromatu rohovky, které je typické jejím ztenčením. Mezi onemocnění způsobující ektázii rohovky řadíme keratokonus, keratoglobus a marginální pellucidní degeneraci. [15]

Keratokonius je charakteristický vyklenutím centrální či paracentrální části rohovky, vzniká tak nepravidelný astigmatismus. Keratokonus volně progreduje, klinicky se může projevovat v pubertě nebo později. Postižení obou očí se vyskytuje asi u 85 % případů. Toto onemocnění může být spojeno s dalšími onemocněními, jako atopická dermatitis, Turnerův syndrom, Downův syndrom, Marfanův syndrom a další. Keratokonus se projevuje vzrůstem nepravidelného astigmatismu či myopie. Můžeme pozorovat Fleischerův prstenec (vypadávání solí železa na okraji ektázie), Munsonův příznak (deformace spodního víčka) a Vogtovy strie (horizontální trhliny v Descemetově membráně). Tzv. akutní keratokonus způsobuje zhoršení vidění, dochází k trhlinám

v Descemetové membráně a k edému stromatu rohovky. Diagnostika keratokonu závisí na rohovkové topografii. [14, 15]

Léčba keratokonu v počátečních stádiích spočívá v brýlové korekci (řešení astigmatismu). Později se aplikují pevné kontaktní čočky. Pokud dojde k další progresi či nesnášenlivosti pevných kontaktních čoček, je potřeba chirurgická léčba. Novým řešením stabilizace keratokonu je aplikace intrastromálních rohovkových prstenců z polymetylmakrylátu do stromatu rohovky. Fotodynamická terapie využívá UV záření (365 nm) a fotosenzibilátor (0,1% riboflavin). Riboflavin v kombinaci s UV zářením vyvolá buněčné síťování rohovkového kolagenu tzv. cross-linking. Dochází k zastavení progresu ztenčování rohovky. Tento způsob terapie bývá indikován u počínajících či mírně pokročilých forem keratokonu. V pokročilých stádiích keratokonu se provádí transplantace rohovky (keratoplastika) v celé její tloušťce (perforující keratoplastika) či se zachováním Descemetové membrány (přední hluboká lamelární keratoplastika). [14, 15]

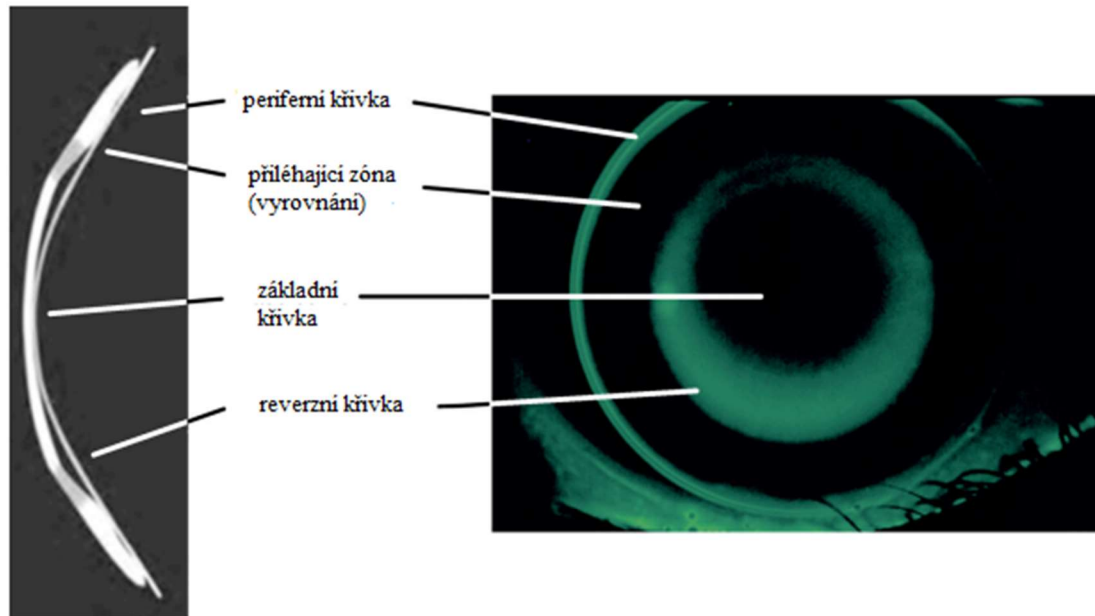
Keratoglobus je vzácné vrozené onemocnění, které se projevuje polokulovitým vyklenutím rohovky. Často se projevuje hypermetropií a jeho léčba spočívá v korekci brýlemi, případně pevnými kontaktními čočkami. [14, 15]

Marginální pellucidní degenerace se projevuje vyklenutím periferní části rohovky, nejčastěji ve spodních kvadrantech. Toto onemocnění způsobuje vznik asymetrického nekorigovatelného astigmatismu. Toto onemocnění bývá nevhodné ve spojení s laserovou refrakční chirurgií. Vidění je možné zlepšit pevnými kontaktními čočkami, případně perforující či periferní lamelární keratoplastikou, nebo klínovitou keratektomií. [14, 15, 16]

## **Keratoplastika**

Perforující keratoplastika neboli transplantace rohovky v její plné tloušťce je chirurgický zákrok, jehož cílem je obnovení odpovídající transparentnosti rohovky, případně umožňuje korekci nepravidelného astigmatismu vyvolaného širokou škálou patologických stavů, včetně keratokonu. Výslednou refrakci po perforující keratoplastice nelze předvídat a v mnoha případech je nutné použití kontaktní čočky k dosažení odpovídající zrakové ostrosti. Hlavním důvodem snížené zrakové ostrosti po keratoplastice je střední až vysoká hodnota astigmatismu, ale také indukce anizometropie či přítomnost nepravidelného povrchu rohovky. Hybridní kontaktní čočky

s reverzní geometrií (strmější poloměr zakřivení určitých částí kontaktní čočky než u obvyklé aplikace) jsou vhodné pro korekci vysokého astigmatismu a nepravidelností rohovky po perforující keratoplastice. Kontaktní čočky s touto reverzní geometrií lépe kopírují takovýto povrch rohovky než kontaktní čočky s běžnou geometrií. [22, 27]



*Obr. 7 – Kontaktní čočka s reverzní geometrií (upraveno) [29]*

## 4 Aplikace hybridních kontaktních čoček

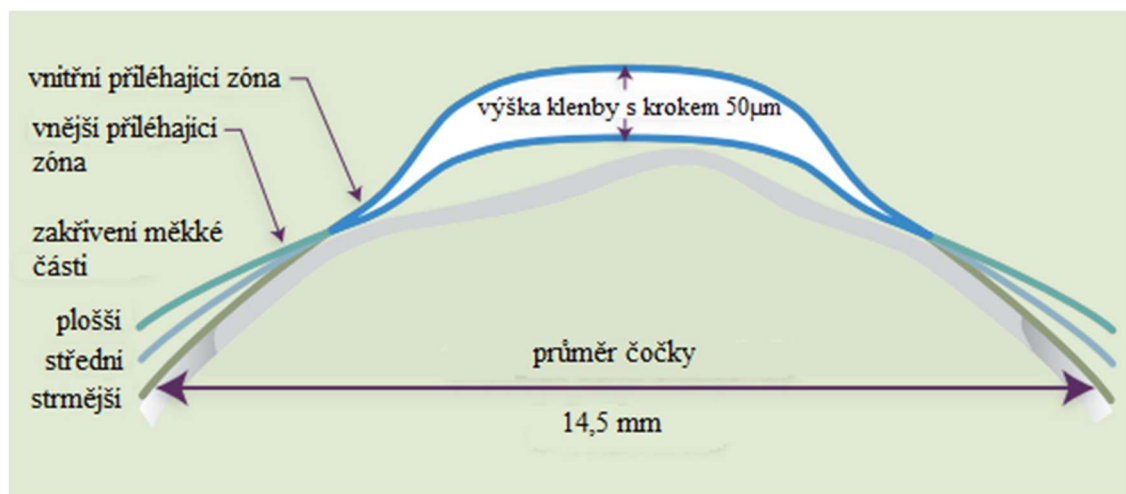
V této kapitole budou popsány jednotlivé možnosti výběru vhodné hybridní kontaktní čočky pro pravidelnou i nepravidelnou rohovku, aplikace vybrané kontaktní čočky, vyhodnocení usazení čočky na pravidelné i nepravidelné rohovce a následná péče o hybridní kontaktní čočky.

### 4.1 Výběr vhodné hybridní kontaktní čočky

Hybridní kontaktní čočku pro pravidelnou rohovku lze vybrat empiricky, pomocí keratometrie, subjektivně naměřené refrakce a horizontálního průměru duhovky (HVID – horizontal visible iris diameter), a to bez zkušebních kontaktních čoček. Pro tento případ existuje online kalkulačka, díky které lze vybrat vhodnou hybridní kontaktní čočku. Základní poloměr zakřivení čočky by měl být o 0,10 mm nebo o 0,5 D strmější, než je plochý meridián. Poloměr zakřivení měkkého okraje je vybírán na základě HVID, používá se střední hodnota okraje (8,1 mm) pro  $HVID \geq 11,8$  mm a plošší okraj (8,4 mm) pro  $HVID < 11,8$  mm. V závislosti na vizuálních požadavcích klientů je možnost výběru multifokální kontaktní čočky s designem střed na dálku nebo střed na blízko. Obvykle je design střed na dálku vybírán pro slabší až střední hodnoty presbyopie nebo pro větší velikost zornice, design střed na blízko je vybírán pro vyšší hodnoty presbyopie. Pro design střed na blízko je obvykle zapotřebí nižší hodnota adice (přídavek do blízka) zkombinovaná se zvýšenou silou refrakce. U designu střed na dálku by měla adice odpovídat naměřené hodnotě (naměřené při subjektivní refrakci). Velikost zóny (při designu střed na dálku) by měla být o 0,1 mm menší než velikost ftopické zornice, aby bylo optimalizováno vidění na blízko i na dálku. Výběr těchto čoček je vyhodnocován podobně jako u měkkých hydrogelových kontaktních čoček. Cílem je dobrá centrace a přiměřený pohyb čočky. Správně vybraná čočka vykazuje dobrou centraci s optickou zónou v oblasti zornice, pohyb čočky v rozmezí 0,50 až 1,00 mm při každém mrknutí a RGP část v zákrytu s rohovkou. [8]

Hybridní kontaktní čočky užívané pro nepravidelnou rohovku využívají reverzní geometrii (viz podkapitola 4.2.1). Tyto čočky mají dva parametry přizpůsobení: výšku klenby, která nahrazuje základní poloměr zakřivení, a poloměr zakřivení měkké části čočky. Výška klenby (v oblasti apexu) definuje RGP část čočky, odpovídá její relativní hloubce měřené v mikrometrech. Měkká část čočky přichází do styku s předním

segmentem oka. Poloměr zakřivení této části vychází z parametrů rohovky a kontaktní čočky v místě spoje obou materiálů. Tyto čočky mají dvě různá provedení, jedno určené pro výrazněji vyklenutou rohovku a druhé pro zploštělou rohovku. Hybridní kontaktní čočky pro vyklenuté rohovky jsou k dispozici s devíti různými klenbami (hloubkami) a čtyřmi různými poloměry zakřivení měkkého okraje. U nejnovějších hybridních kontaktních čoček se jako materiál měkkého okraje používá silikon-hydrogel, který lépe udržuje tvar RGP části. Tento design má přesně definovaný poloměr zakřivení v oblasti apexu rohovky (výška klenby) až do hodnoty 250 mikrometrů, v případě rostoucí výšky klenby je možné volit poloměr zakřivení variabilně, a to od hodnoty 300 mikrometrů. Tento typ čoček musí být aplikován pomocí diagnostické sady. První čočka, která se používá, má výšku klenby 250 mikrometrů se středním poloměrem zakřivení měkkého okraje. Aby nedocházelo po aplikaci k tvorbě vzduchových bublin pod čočkou, je třeba, aby byla čočka naplněna fyziologickým roztokem spolu s fluoresceinovým barvivem (viz obr. 8). [8]



Obr. 8 – Design hybridní kontaktní čočky ClearKone s vyznačenou výškou klenby (upraveno) [28]

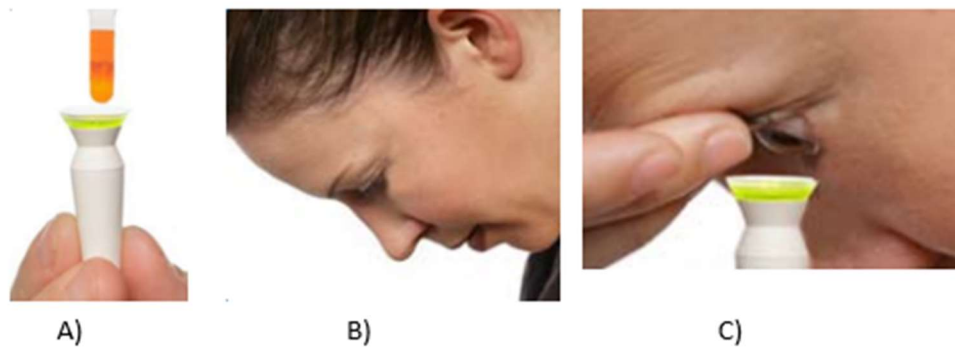


*Obr. 9 – Hybridní kontaktní čočka naplněná fyziologickým roztokem spolu s fluoresceinovým barvivem [26]*

## **4.2 Vlastní aplikace**

Vzhledem k velikosti hybridních kontaktních čoček je jejich aplikace podobná aplikaci měkkých kontaktních čoček. Mezi způsoby aplikace patří metoda dvěma prsty, metoda stativu nebo použití aplikačních pomůcek. První dvě metody jsou indikovány pro pravidelné rohovky. Kvůli pevnější povaze čočky je pro některé nositele snazší si podepřít čočku více než jedním prstem, naklonit se přes čočku a umístit ji na oko zesponu. Při aplikaci hybridních čoček na nepravidelnou rohovku se používají aplikační pomůcky (například „savka“), které usnadní aplikaci čoček naplněných roztokem. Použití fyziologického roztoku v kombinaci s fluoresceinem je rovněž nezbytností při aplikaci čoček na nepravidelné rohovky, a to z důvodu eliminace vzniku nežádoucích bublinek pod čočkou, jak již bylo zmíněno výše. Problémem u prvnositelů bývá nadměrný tlak na oko při aplikaci, což má za následek utěsnění čočky a vtlačování prstencového spoje na povrch rohovky. [5, 8]





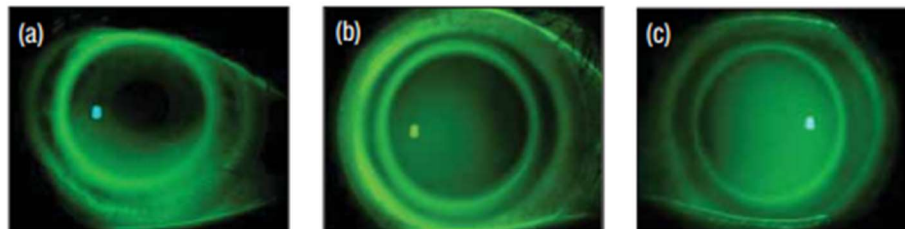
Obr. 10 – Aplikace v předklonu pomocí aplikační pomůcky [25]

K vyjmutí čočky postačí silné sevření špičkami palce a ukazováku v poloze pět a sedm hodin v oblasti měkkého okraje čočky. Pro zvýšení přilnavosti špiček prstů k okraji kontaktní čočky a snazšího vyjmutí čočky je nezbytné, aby byly prsty dostatečně osušené, a aby nositel ponechal otevřené oči zhruba deset sekund pro redukcii množství slzného filmu. Pokud je manipulace s čočkou obtížnější, je možné použít stejnou techniku s papírovým kapesníkem umístěným přes konečky prstů. U hybridních kontaktních čoček No7 i Cantor & Nissel se nedoporučuje sevření čočky mezi dvěma prsty, ale upřednostňují se alternativní techniky jako „Eyelid“ nebo „Scissor“, které jsou podobné technice vyjmutí RGP čoček – zachycení mezi okraje víček. Lze také použít aplikační pomůcky pro vyjmutí hybridní kontaktní čočky. [5, 8]

### 4.3 Zhodnocení správné aplikace

Po aplikaci kontaktní čočky pro pravidelnou rohovku je důležitá její kontrola již po třech hodinách. Při vyhodnocování správné aplikace je nápomocná aplikace fluoresceinu (fluoresceinové proužky) přímo na kontaktní čočku. Při nadměrném množství fluoresceinu pod čočkou je třeba upravit poloměr zakřivení čočky. Je třeba se zaměřit na mírně strmější aplikaci. Měkká část kontaktní čočky ovlivňuje centraci a pohyb čočky. Pokud je poloměr zakřivení čočky strmý, dojde k centrálnímu utěsnění měkkou částí. Pokud dochází k minimálnímu pohybu, stagnaci slz, diskomfortu při celodenním nošení či potížím při odstraňování čočky, je třeba vybrat plošší poloměr zakřivení měkké části hybridní kontaktní čočky. Pokud má naopak měkká část čočky plošší poloměr zakřivení, pak RGP část přímo dosedá na rohovku (plochá aplikace) a způsobuje vznik centrálního ložiska s nežádoucí decentrací čočky. Při nadměrném pohybu čočky, vlnění měkkého okraje, diskomfortu či decentraci, je třeba zvolit strmější poloměr zakřivení měkké části čočky. U multifokálních hybridních čoček je nezbytná dobrá centrace čočky, aby bylo

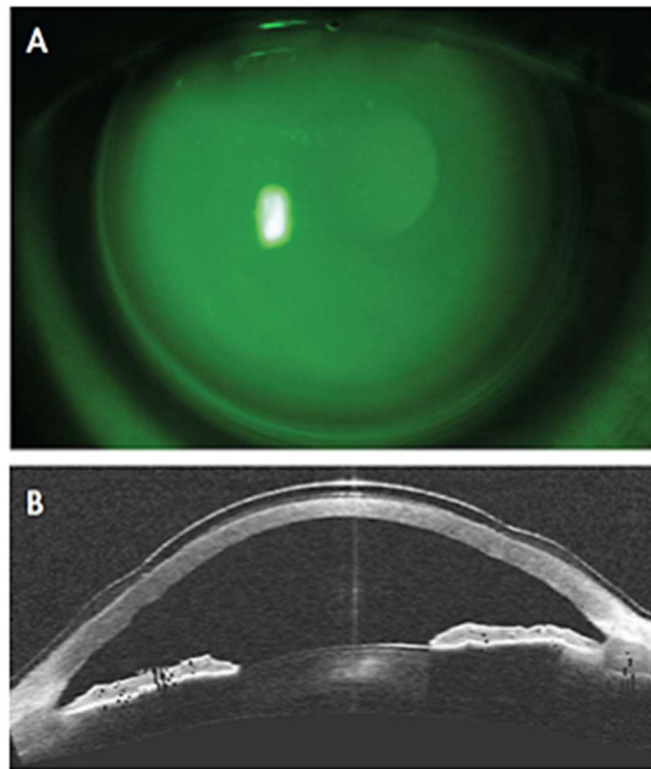
dosaženo optimálních výsledků. Pro vyhodnocení centrace může být nápomocná topografie rohovky. Při zhoršeném vidění je možné provést úpravu korekce či zvolit jiný design čočky. [8]



*Obr. 11 – Aplikace: (a) plochá aplikace, (b) okrajově plochá aplikace, (c) optimální aplikace [4]*

Před zhodnocením aplikace hybridní kontaktní čočky pro nepravidelnou rohovku je nutné počkat 30 minut a poté nález potvrdit po zhruba třech hodinách. Tato doba je potřebná kvůli usazení čočky, přičemž během první hodiny po nasazení dochází k usazení z 50 %. Cílem správné aplikace je zajistit kompletní apikální vzdálenost, postupné snížení obsahu fluoresceinu pod čočkou na vnitřní přiléhající zóně spoje k rohovce a kontakt měkkého okraje na rohovce. Optimální apikální vzdálenost při aplikaci čočky je od 100 do 150 mikrometrů. Po usazení čočky je optimální apikální vzdálenost 50 mikrometrů. Pokud je výška klenby nedostatečná, dosedá čočka na vrchol rohovky, což způsobí mechanické podráždění rohovky a značný diskomfort. Měkký silikon-hydrogelový okraj pomáhá vycentrovat čočku, vyvažuje hmotnost a řídí pohyb čočky. Pokud dosedá vnitřní strana pevné čočky na rohovku, je nutné zvolit strmější poloměr zakřivení měkkého okraje. Pokud je měkká část příliš plochá, dochází k nadměrnému pohybu, diskomfortu při mrkání a vlnění měkkého okraje. Měkká část hybridní čočky odpovídá sklerálnímu tvaru, který je pro každé oko jiný. U zploštělých rohovek je postup podobný, jako první se používá čočka s klenbou 255 mikrometrů se středním poloměrem zakřivení měkkého okraje. Ideální usazení čočky je v apikální vzdálenosti 50 až 100 mikrometrů 30 minut po aplikaci. Pokud dojde k apikálnímu dotyku (nebude pozorována přítomnost fluoresceinu pod čočkou), zvyšuje se klenba o 100 mikrometrů. Při nadměrném sduřování fluoresceinu pod čočkou se snižuje klenba o 100 mikrometrů. Jakmile zpozorujeme ideální obsah fluoresceinu pod čočkou, přidává se 50 až 100 mikrometrů k dosažení ideální apikální vzdálenosti. [8]

Následně je důležité vyhodnocení stavu rohovky po aplikaci hybridní kontaktní čočky. V místě spoje může být viditelný tenký přechodný prstenec. V případě hlubokého prstence se jedná o těsnou aplikaci (příliš strmý poloměr zakřivení) a parametry hybridní kontaktní čočky by měly být upraveny. Dále je třeba překontrolovat refrakci a případně provést keratometrii a topografii rohovky s naaplikovanou hybridní kontaktní čočkou. [8]



*Obr. 12 - Optimální aplikace na nepravidelné rohovce: (A) pohled zepředu, (B) pohled z profilu [8]*

#### **4.4 Vhodná péče o hybridní kontaktní čočky**

Prvním krokem správné péče o hybridní kontaktní čočky je mechanické tření v dlani, a to přední i zadní plochy čočky, pomocí víceúčelového roztoku (bez alkoholu a abraziv). Čočku je poté třeba opláchnout solným roztokem před samotnou dezinfekcí. Pro dezinfekci a uchování čočky jsou doporučovány peroxidové roztoky a víceúčelové roztoky. Nositelé, kteří mají potíže s ukládáním bílkovinných usazenin na čočce, mohou používat i enzymatické čističe. V případě nějakých dalších potíží, jako je rozmazané vidění či zkalení čočky, se doporučují oční kapky pro zvlhčení, čištění nebo snížení tvorby bílkovin. [8]

## **5 Aktuální situace na trhu**

### **5.1 Společnost SynergEyes**

V roce 2001 kalifornská výzkumná společnost SynergEyes objevila mezeru na trhu v oblasti hybridních kontaktních čoček s vysokou propustností pro kyslík a se spolehlivým spojením mezi pevnou a měkkou částí. Hybridní kontaktní čočka SynergEyes získala schválení FDA a značku CE v roce 2005. No. 7 Contact Lens Laboratory nyní distribuuje tyto kontaktní čočky ve Velké Británii. [4]

#### **SynergEyes A**

Tato hybridní kontaktní čočka má měkkou část tvořenou hydrogelovou kontaktní čočkou a je určena pro pacienty s vyšším astigmatismem a s ranými stádii keratokonu. Má sférickou zónu širokou 7,8 mm a je k dispozici v deseti základních poloměrech zakřivení od 8,0 mm do 7,1 mm v krocích po 0,1 mm. Měkká část čočky je k dispozici ve dvou poloměrech zakřivení (strmější a plošší). [4, 9]

#### **SynergEyes KC**

Jedná se také o hybridní kontaktní čočku s měkkým okrajem z hydrogelového materiálu, která je určena pro pokročilá stádia keratokonu. Pevná část má asférický design, jehož zadní plocha lépe kopíruje tvar rohovky. U čoček KC je nabízeno osm základních poloměrů zakřivení v rozsahu od 7,1 mm do 5,7 mm v krocích po 0,2 mm, ačkoli některé „poloměry zakřivení s rozšířeným rozsahem“ mohou mít poloměr zakřivení až do 5,3 mm. Měkká část je k dispozici se strmějším i plošším poloměrem zakřivení v závislosti na poloměru zakřivení pevné části. [4, 9]

#### **SynergEyes PS**

Tato čočka byla navržena pro pacienty se zploštělými rohovkami, z důvodu refrakční operace, štěpu, traumatu rohovky nebo degenerativnímu stavu rohovky. Díky reverzní geometrii čočky je možné řešit změnu tvaru rohovky. Středová pevná část má šířku 6,5 mm a je k dispozici v osmi základních poloměrech zakřivení od 9,0 mm do 7,6 mm v krocích po 0,2 mm. Každý poloměr zakřivení pevné části má k dispozici dva poloměry zakřivení měkké části, a to 8,3 mm a 8,6 mm. U řady PS je třeba vzít v úvahu ještě třetí parametr, kterým je „zdvih“ čočky. Každý základní poloměr zakřivení má tři možnosti „zdvihu“, což je vlastně rozsah reverzní křivky, kterou čočka má. Přičemž

Zdvih 1 (L1) má nejjemnější křivku pro mírně zploštělé rohovky a L3 má nejstrmější křivku směrem k okraji čočky. „Zdvih“ kontroluje množství prohnutí RGP části čočky a mění prohnutí v rozmezí 50-60  $\mu\text{m}$  mezi každým „zdvihem“. [4]

### **SynergEyes MF**

Kontaktní čočky MF jsou určeny pro korekci presbyopie. Jedná se o rotačně symetrickou čočku, jejíž design je založen na hybridní kontaktní čočce SynergEyes A, který navíc zahrnuje kruhový středový segment pro korekci na blízko. Segment pro korekci na blízko je velmi přesný bez leštění nebo mísení. Jeho cílem je poskytovat kvalitní vidění jak na blízko, tak i na dálku. Rozsah poloměrů zakřivení je shodný s rozsahem SynergEyes A. Rozsah dostupných adicí je +1,25 D, + 1,75 D a + 2,25 D se dvěma možnostmi šířky segmentu 1,9 mm a 2,2 mm. [4]

### **ClearKone**

Měkkou část této čočky tvoří hydrogelový materiál a čočka je navržena tak, aby klenula nad nepravidelnou rohovkou, a aby nedocházelo k narušení očního povrchu. Čočka ClearKone má schopnost centrace nezávisle na umístění vrcholu. Může být indikována u pacientů s nepravidelnou rohovkou a u pacientů po refrakčních operacích (PRK, LASIK). Tyto čočky mohou být vybrány empiricky či pomocí diagnostické sady. U empirického výběru čočky jsou podstatné údaje o keratometrii, HVID a subjektivně stanovené refrakci. Po aplikaci a následné adaptaci této čočky je důležité zkontrolovat centraci a pohyb čočky (optimální zhruba jeden milimetr při mrknutí). Dalším aspektem kontroly po aplikaci hybridní kontaktní čočky je dostatečná výměna slz, aby se zabránilo těsné aplikaci a s tím souvisejícím komplikacím. [9]

### **Duette (sférické i astigmatické)**

Čočky řady Duette jsou vhodné pro pacienty s vysokou myopií, pro nositele měkkých torických kontaktních čoček a pro pacienty s intolerancí vůči RGP kontaktním čočkám. Podle společnosti SynergEyes nabízí tato řada stabilní a kvalitní vidění díky vylepšené výměně slz a pohyblivosti čočky. Čočky řady Duette se skládají z asférické pevné kontaktní čočky o průměru 8,4 mm a ze silikon-hydrogelového měkkého okraje o celkovém průměru 14,5 mm. Řada nabízí polymerní povrchovou úpravu Hydra-PEG pro zlepšení pohodlí a smáčivosti kontaktních čoček. Čočky jsou vybírány empiricky podle hodnot keratometrie a subjektivně stanovené refrakce. [9]

## **Duette Progressive**

Jedná se o multifokální kontaktní čočku z řady Duette. Tato multifokální hybridní kontaktní čočka má středovou část z pevné asférické čočky a měkký okraj ze silikon-hydrogelového materiálu. Středová asférická zóna poskytuje korekci na blízkou vzdálenost. Tyto čočky jsou nabízeny v několika možnostech přídávku do blízka (adice), a to + 1,00 D, + 1,75 D a + 2, 50 D. Povrch kontaktní čočky může být pokryt polymerní vrstvou Hydra-PEG. Výběr Duette multifokálních čoček je prováděn empiricky bez nutnosti použití diagnostické sady. [9]

## **UltraHealth**

Tato generace hybridních kontaktních čoček je určena především pro pacienty s ektázií rohovky, keratokonem, po chirurgickém zákroku, po zákroku výztuže rohovky metodou cross-linking (vyztužení kolagenní látkou) nebo po implantaci rohovkového implantátu Intacs. Střed čočky (8, 5 mm) tvoří asférická pevná kontaktní čočky s reverzní geometrií a měkký okraj tvoří silikon-hydrogelová kontaktní čočka (celkový průměr hybridní čočky je 14, 5 mm). Je k dispozici i s povrchovou úpravou Hydra-PEG. K výběru této hybridní kontaktní čočky se může použít diagnostická sada. [9]

## **UltraHealth FC**

Jedná se o rozšíření řady UltraHealth. Čočky UltraHealth FC se používají pro pacienty po rohovkové operaci nebo po traumatu rohovky a fungují velice dobře na zploštělých rohovkách. Tento typ nabízí plošší poloměr zakřivení čoček než u čoček UltraHealth. Měkkou část hybridní čočky tvoří silikon-hydrogelová kontaktní čočka s možnou úpravou Hydra-PEG. Při prvotní aplikaci této hybridní čočky je nutná diagnostická sada. [9]

## 5.2 Laboratoire LCS, Swisslens

Laboratoire LCS je francouzská laboratoř se sídlem v Normandii na výrobu kontaktních čoček. Společnost LCS produkuje individuální pevné či měkké kontaktní čočky (tzn. na míru dle konkrétních parametrů rohovky). V roce 2014 vstupuje firma na globální trh, produkty (jejichž základ tvoří hybridní silikon) jsou distribuovány do řady zemí, např. Velké Británie, Dánska, Itálie a dalších. [23]

Společnost Swisslens dodává kontaktní čočky na míru pro oční specialisty po celém světě od roku 1997. Swisslens nabízí kontaktní čočky s neomezenými parametry, podporovanou službu usnadňující aplikaci a následnou péči o pacienta. [24]

### **Eyebrid Silicone (Laboratoire LCS) a AirFlex (Swisslens)**

Jedná se o nejnovější hybridní kontaktní čočky nové generace s asférickým designem. Tyto čočky mají centrální část vyrobenou z RGP materiálu (Roflufocon D) s vysokou propustností pro kyslík (Dk 100) a měkkou částí vyrobenou ze silikon-hydrogelového materiálu (Filcon V3, s Dk 50). Čočky mají základní design poloměru zakřivení a jejich aplikace je podobná aplikaci RGP pevných korneálních kontaktních čoček. Pro každý poloměr zakřivení pevné části čočky jsou k dispozici čtyři poloměry zakřivení měkké části kontaktní čočky. Základní poloměr zakřivení pevné RGP části je nabízen v rozsahu od 5,50 mm do 10,00 mm v krocích po 0,05 mm. Dioptrický rozsah těchto hybridních čoček je v rozmezí - 40,0 D až + 40,0 D v krocích po 0,25 D (cylindrické hodnoty v rozmezí - 0,50 D až - 6,00 D). Režim výměny u čoček Eyebrid Silicone a AirFlex je stanoven na šest měsíců. [11]

## Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo seznámit se s problematikou hybridních kontaktních čoček. Prvotním impulzem pro vznik hybridní čočky byl nedostačující průnik kyslíku k rohovce u dostupných kontaktních čoček či nepohodlí při nošení těchto čoček. Vznikla tedy myšlenka o spojení dvou kontaktních čoček, které by splňovaly požadované podmínky. Pevná RGP kontaktní čočka, která splňuje podmínku propustnosti pro kyslík, a měkká kontaktní čočka, která splňuje podmínku komfortu. Prvními pokusy o hybridní kontaktní čočky a jejich následným vývojem se zabývala první kapitola této práce.

Materiály, které se používají při jejich výrobě, se neustále vyvíjejí a různě upravují. Základem je však pevný RGP materiál zkombinovaný s hydrogelovým či silikonhydrogelovým materiálem. Tyto materiály jsou spojovány patentovanými technologiemi, především lepením a chemickou vazbou. Tímto vzniká unikátní design, který si každá společnost upravuje. Díky tomuto designu může docházet k výměně slz pod kontaktní čočkou a k poskytnutí kvalitního vidění a vysokého komfortu, což je popsáno v druhé kapitole.

Třetí kapitola se zaměřuje na konkrétní indikační kritéria pro úspěšnou aplikaci těchto hybridních kontaktních čoček. Vhodnými nositeli mohou být jak ametropové, tak pacienti s komplikovanějším očním nálezem, jako je např. keratokonus a další rohovkové degenerace. Následná aplikace a její vyhodnocení, popsané ve čtvrté kapitole, se liší podle řešeného problému. Vyhodnocení správné aplikace hybridní čočky je specifické zejména kvůli kombinaci dvou čoček, kdy je potřeba skloubit dva poloměry zakřivení a zároveň dvě aplikace. Dbá se na to, aby čočka nebyla příliš strmě či ploše naaplikovaná, ve většině případů se volí kompromis.

Na současném trhu se objevuje nejvýrazněji firma SynergEyes, která vyvíjí hybridní kontaktní čočky. V její nabídce jsou čočky pro běžné refrakční vady, pro klienty s keratokonem, po refrakční operaci či po keratoplastice. Jednotlivé čočky od firmy SynergEyes jsou uvedeny v poslední kapitole.

Hybridní kontaktní čočky jsou relativně novou oblastí kontaktologie. Očekává se jejich další rozvoj v budoucnosti. Vzhledem k pozitivním vlastnostem hybridních čoček a zároveň vzrůstajícímu počtu pacientů s keratokonem, kteří trpí nepohodlím při nošení pevných RGP čoček, mají hybridní kontaktní čočky do budoucna velký potenciál.



## Seznam zdrojů

- [1] MICHÁLEK, J. *Historický vývoj kontaktních čoček a materiálů pro ně*. Trendy v oční optice [online]. 2009, 14-15 [cit. 2020-11-24]. Dostupné z: [http://www.s-presspublishing.cz/archiv/9Trendy\\_2009.pdf](http://www.s-presspublishing.cz/archiv/9Trendy_2009.pdf)
- [2] EFRON, N. *Contact lens practise*. Elsevier, 2010, Druhé vydání. ISBN 978-0-7506-8869-7.
- [3] POTTER, R. *The History of Hybrid Contact Lenses*. Contact Lens Spectrum [online]. 2015, 30(November 2015), 30,32-35 [cit. 2021-01-18]. Dostupné z: <https://www.clspectrum.com/issues/2015/november-2015/the-history-of-hybrid-contact-lenses>
- [4] TAYLOR-WEST, S., BURNETT HODD, N., F. *SynergEyes: The New Era in Hybrid Contact Lens Technology*. Clinical [online]. 2009, 34 -38 [cit. 2021-02-05]. Dostupné z: [https://taylorwestandco.uk/wp-content/uploads/2015/03/synergieyes\\_ot.pdf](https://taylorwestandco.uk/wp-content/uploads/2015/03/synergieyes_ot.pdf)
- [5] ATKINS, N., THOMPSON, P. *Guide to hybrid contact lenses*. Optician [online]. 2017 [cit. 2020-12-20]. Dostupné z: <https://www.opticianonline.net/cet-archive/4659>
- [6] SYNERGEYES. *SynergEyes Multifocal: Fitting Guide & Tips for Achieving Success* [online]. 2009 [cit. 2020-12-21]. Dostupné z: <https://www.synergieyes.co.uk/professional/images/pdf/fittin-materials-other-1/SynergEyes-Multifocal-Fitting-Guide-75058-Rev-C.pdf>
- [7] RATHI, V., DUMPATI, S., MANDATHARA, P. *Contact lens in keratoconus*. Indian Journal of Ophthalmology [online]. 2013, 61(8), 410-415, DOI:10.4103/0301-4738.116066 [cit. 2021-01-21]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3775075/>
- [8] MONTANI, G. *Hybrid Lens Strategies for Regular and Irregular Corneas*. Contact Lens Spectrum [online]. 2018, 33(October 2018), 30-35 [cit. 2021-01-23]. Dostupné z: <https://www.clspectrum.com/issues/2018/october-2018/hybrid-lens-strategies-for-regular-and-irregular-c>

- [9] SHERMAN, S., WILSON, N. *Combining Optics and Comfort: Piggyback and Hybrid Lenses*. Review of cornea & contact lenses [online]. 2017, (September/October 2017), 18-21 [cit. 2021-01-26]. Dostupné z: <https://www.reviewofcontactlenses.com/article/combining-optics-and-comfort-piggyback-and-hybrid-lenses>
- [10] MUSGRAVE, Ch., S., A., FANG, F. *Contact Lens Materials: A Materials Science Perspective*. Materials [online]. 2019, 12(2), DOI:10.3390/ma12020261 [cit. 2021-01-29]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6356913/>
- [11] HARBIYELI, I., I., ERDEM, E., ISIK, P., YAGMUR, M., ERSOZ, R. *Use of new-generation hybrid contact lenses for managing challenging corneas*. European Journal of Ophthalmology [online]. 2020, DOI: 10.1177/1120672120942757 [cit. 2021-02-06]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/342984251\\_Use\\_of\\_new-generation\\_hybrid\\_contact\\_lenses\\_for\\_managing\\_challenging\\_corneas](https://www.researchgate.net/publication/342984251_Use_of_new-generation_hybrid_contact_lenses_for_managing_challenging_corneas)
- [12] ABOU SAMRA, W., A., EL-EMAM, D., S., KASEM, M., A. *Clinical Performance of a Spherical Hybrid Lens Design in High Regular Astigmatism*. Eye & Contact Lens [online]. 2018, 44(1), 66-70, DOI: 10.1097/ICL.0000000000000326 [cit. 2021-02-07]. Dostupné z: [https://www.academia.edu/36995861/Clinical\\_Performance\\_of\\_a\\_Spherical\\_Hybrid\\_Lens\\_Design\\_in\\_High\\_Regular\\_Astigmatism](https://www.academia.edu/36995861/Clinical_Performance_of_a_Spherical_Hybrid_Lens_Design_in_High_Regular_Astigmatism)
- [13] HASANI, M., HASHEMI, H., JAFARZADEHPUR, E., YEKTA, A., A., DADBİN, N., KHABAZKHOOB, M. *Estimation of the hybrid lens parameters through rigid gas permeable lens fitting*. Journal of Current Ophthalmology [online]. 2016, 28(3), 137-141, DOI: 10.1016/j.joco.2016.04.006 [cit. 2021-02-24]. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2452232515300494>
- [14] KUCHYNKA, P. *Oční lékařství* [online]. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1163-8 [cit. 2021-02-26]. Dostupné z: <https://dnnt.mzk.cz/view/uuid:ab5db3f0-c6e7-11e8-bbaa-005056827e52?page=uuid:25b26140-e6b0-11e8-8d10-5ef3fc9ae867>
- [15] ROZSÍVAL, P. *Oční lékařství* [online]. Praha: Galén, c2006. ISBN 80-246-1213-5 [cit. 2021-02-26]. Dostupné z: <https://dnnt.mzk.cz/view/uuid:222b0320-b46c-11e5-b5dc-005056827e51?page=uuid:8a6451f0-bfbc-11e5-82dc-5ef3fc9bb22f>

- [16] HYCL, J., TRYBUČKOVÁ, L. *Atlas oftalmologie* [online]. Praha: Triton, 2008, 2. vyd. ISBN 978-80-7387-160-4 [cit. 2021-02-26]. Dostupné z: <https://dnnt.mzk.cz/view/uuid:54411330-ab6e-11e3-9d7d-005056827e51?page=uuid:ee098ab0-d256-11e3-85ae-001018b5eb5c>
- [17] KOVACICH, S. *Irregular Astigmatism, Part I*. Contact Lens Spectrum [online]. 2016, 31(April 2016), 36-38 [cit. 2021-02-26]. Dostupné z: <https://www.clspectrum.com/issues/2016/april-2016/irregular-astigmatism,-part-1>
- [18] GOGGIN, M., ALPINS, N., SCHMID, M., L. *Management of irregular astigmatism*. Current Opinion in Ophthalmology [online]. 2000, 11(4), 260-266, DOI: 10.1097/00055735-200008000-00007 [cit. 2021-02-26]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/12344021\\_Management\\_of\\_irregular\\_astigmatism](https://www.researchgate.net/publication/12344021_Management_of_irregular_astigmatism)
- [19] GELLES, D., J. *Specialty lenses for irregular cornea and ocular surface disease*. Contact Lens Spectrum [online]. 2020, 35(February 2020), 20-25 [cit. 2021-03-01]. Dostupné z: <https://www.clspectrum.com/issues/2020/february-2020/specialty-lenses-for-irregular-cornea-and-ocular-s>
- [20] KRAUS, H. *Kompendium očního lékařství* [online]. Praha: Grada, 1997. ISBN 80-716-9079-1 [cit. 2021-03-02]. Dostupné z: <https://dnnt.mzk.cz/view/uuid:8b3fe390-af63-11e3-9d7d-005056827e51?page=uuid:e700dca0-cc20-11e3-94ef-5ef3fc9ae867>
- [21] CORBETT, M., C., O'BRART, D., P., S., SAUNDERS, D., C., ROSEN, E., S. *The Topography of the Normal Cornea*. European journal of Implant and Refractive Surgery [online]. 1994, 6(5), 286-297, DOI:10.1016/S0955-3681(13)80229-8 [cit. 2021-03-05]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0955368113802298>
- [22] PÉREZ-CAMBRODÍ, R., J., RUIZ-FORTES, P. *Reverse Geometry Hybrid Contact Lens Fitting in a Case of Donor-Host Misalignment after Keratoplasty*. International Journal of Keratoconus and Ectatic Corneal Diseases [online]. 2013, 2(2), 69-72, DOI:10.5005/jp-journals-10025-1054 [cit. 2021-03-08]. Dostupné z: <https://www.ijkecd.com/doi/pdf/10.5005/jp-journals-10025-1054f>
- [23] *Who we are*. LCS [online]. © 2021 [cit. 2021-03-09]. Dostupné z: <https://www.laboratoire-lcs.com/en/who-we-are>

- [24] *About Swisslens*. Swisslens [online]. © 2020 [cit. 2021-03-09]. Dostupné z: <https://www.swisslens.ch/about-us/>
- [25] SYNERGEYES. *Duette hybrid contact lenses for astigmatism: Fitting Guide & Tips for Achieving Success* [online]. 2010 [cit. 2021-03-12]. Dostupné z: <http://www.optometry.co.il/wp-content/uploads/2012/01/duettefittingguide.pdf>
- [26] SYNERGEYES. *SynergEyes® A Practitioner Training* [online]. [cit. 2021-04-12]. Dostupné z: [http://www.synergeyes.ca/professional/images/pdf/fittin-materials-other-l/SynergEyes-A\\_Fitting-Presentation-3-11.pdf](http://www.synergeyes.ca/professional/images/pdf/fittin-materials-other-l/SynergEyes-A_Fitting-Presentation-3-11.pdf)
- [27] MATHUR, A., JONES, L., SORBARA, L. *Use of reverse geometry rigid gas permeable contact lenses in the management of the postradial keratotomy patient: review and case report*. International Contact Lens Clinic [online]. 1999, 26(5), 121-127, DOI:10.1016/S0892-8967(00)00034-1 [cit. 2021-04-15]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0892896700000341>
- [28] SYNERGEYES. *ClearKone: Fitting Guide & Tips for Achieving Success* [online]. 2012 [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: [http://www.synergeyes.fr/professionnel/images/pdf/fittin-materials-other-l/ClearKone\\_Fitting-Guide\\_75141D.pdf](http://www.synergeyes.fr/professionnel/images/pdf/fittin-materials-other-l/ClearKone_Fitting-Guide_75141D.pdf)
- [29] CHANG, D., J., JOO, C., K. *Current and future options for myopia correction*. Journal of the Korean Medical Association [online]. 2012, 55(4), 362-370, DOI:10.5124/jkma.2012.55.4.362 [cit. 2021-5-2]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/272412135\\_Current\\_and\\_future\\_options\\_for\\_myopia\\_correction](https://www.researchgate.net/publication/272412135_Current_and_future_options_for_myopia_correction)

## Seznam obrázků

- Obr. 1 – Moderní design hybridní kontaktní čočky (upraveno) [5]
- Obr. 2 – Design hybridní multifokální kontaktní čočky s centrální částí pro korekci blízké vzdálenosti (upraveno) [6]
- Obr. 3 – Piggyback systém [7]
- Obr. 4 – Průřez OCT zobrazující „zdvih“ mezi RGP pevnou částí a měkkou částí hybridní čočky Duette (upraveno) [5]
- Obr. 5 – Rohovková topografie a Scheimpflugova tomografie – normální rohovka (upraveno) [19]
- Obr. 6 – Rohovková topografie a Scheimpflugova tomografie – zploštělá rohovka (po radiální keratotomii) a vyklenutá rohovka (keratokonus) (upraveno) [19]
- Obr. 7 – Kontaktní čočka s reverzní geometrií (upraveno) [29]
- Obr. 8 – Design hybridní kontaktní čočky ClearKone s vyznačenou výškou klenby (upraveno) [28]
- Obr. 9 – Hybridní kontaktní čočka naplněná fyziologickým roztokem spolu s fluoresceinovým barvivem [26]
- Obr. 10 – Aplikace v předklonu pomocí aplikační pomůcky [25]
- Obr. 11 – Aplikace: (a) plochá aplikace, (b) okrajově plochá aplikace, (c) optimální aplikace [4]
- Obr. 12 – Optimální aplikace na nepravidelné rohovce: (A) pohled zepředu, (B) pohled z profilu [8]