

**ČESKÉ VYSOKÉ  
UČENÍ TECHNICKÉ  
V PRAZE**

**FAKULTA  
BIOMEDICÍNSKÉHO  
INŽENÝRSTVÍ**



**BAKALÁRSKA PRÁCA**

**2022**

**VIKTÓRIA  
KALAPOŠOVÁ**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

---

Fakulta biomedicínského inženýrství

Katedra přírodovědných oborů

**Výroba očních protéz: v současnosti používané materiály a ich vlastnosti**

**Production of eye prostheses: currently used materials and their properties**

Bakalárska práca

Študijný program: Biomedicínská a klinická technika  
Študijný odbor: Optika a optometrie

**Autor bakalárskej práce: Viktória Kalapošová**  
Vedúci bakalárskej práce: Ing. Jiří Michálek, CSc.  
Konzultant bakalárskej práce: Juraj Kalapoš

---

Kladno 2022

## Zadání bakalářské práce

Student: **Viktória Kalapošová**  
Program: Biomedicínská a klinická technika  
Obor: Optika a optometrie  
Název tématu: Výroba očních protéz: současně používané materiály a jejich vlastnosti  
Název tématu anglicky: Production of eye prostheses: currently used materials and their properties

### Zásady pro vypracování:

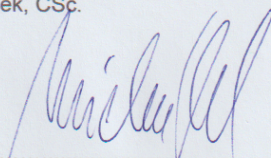
Vypracujte rešerši na téma orbitálních očních pomůcek a problematiky jejich zhotovení. Definujte základní pojmy v oční protetice a zhodnoťte historický vývoj očních protéz až do současnosti. Stručně popište postup výroby a aplikace očních protéz. Diskutujte aspekty péče o oční protézu a doporučte nejvhodnější postup. Popište potřebné vybavení ke zhotovení oční protézy a bilancujte výhody a nevýhody doposud používaných materiálů. Odlijte několik vzorků z komerčních materiálů, případně z dalších polymerů a porovnejte jejich výsledné vlastnosti. Zhotovte vlastnoručně akrylovou oční protézu a detailně popište postup výroby.

**Cíle projektu:** Hlavním výstupem projektu bude popis přípravy a diskuse vhodných materiálů pro zhotovení očních protéz s cílem optimalizace jejich výsledných vlastností. Vlastní výrobou očních protéz se v České a Slovenské republice zabývá jen velmi malý počet pracovišť a moderní domácí odborná literatura není příliš bohatá. Proto by se tato práce měla stát příspěvkem k hlubšímu porozumění problematice a možným návodem, jak v současné době zhotovit funkční oční protézu.

### Seznam odborné literatury:

- [1] Keith R. Pine, Brian H. Sloan, Robert J. Jacobs: Clinical ocular prosthetics, Springer 2015, ISBN 978-3-319-19056-3
- [2] Barbara Sheen B.: Artificial Eyes, Norwood House Press, 2016 ISBN 978-1-59953-761-0
- [3] Ciccú M., Fiorillo, L., De Stefano, R.: Innovative Prosthetic Device: New Materials, Technologies and Patients' Quality of Life (QoL) Improvement, MDPI, 2020, ISBN 978-3-03943-453-4
- [4] Dyer, N. A.: The Artificial Eye, Australian Journal of Ophthalmology vol.8 (1980), no.4, pp. 325-327, DOI: 10.1111/j.1442-9071.1980.tb00293.x.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jiří Michálek, CSc.  
Datum zadání bakalářské práce: leden 2022  
Termín odevzdání bakalářské práce: květen 2022

  
Vedoucí bakalářské práce

V Praze, dne 17. 1. 2022

## **Názov bakalárskej práce: Výroba očných protéz: v súčasnosti používané materiály a ich vlastnosti**

### **Abstrakt:**

Práca sa zaoberá témou výroby očných protéz. Bližšie poukazuje na psychologický stav pacientov a chirurgické zákroky, ktoré predchádzajú používaniu akrylovej očnej protézy. Pripravila som historický prehľad z čias starovekého Egypta cez nemeckých sklárov 19 storočia, až po súčasných Českých a Slovenských výrobcov. V práci som popísala podrobný postup výroby očnej akrylovej protézy, jej aplikáciu a starostlivosť o ňu, s cieľom podania odbornej verejnosti detailnejšie informácie o odbore očnej protetiky. Uviedla som prístroje potrebné na výrobu protéz a zloženie jednotlivých materiálov podľa dostupných dát výrobcov. Taktiež som sa zamerala na základy právnej úpravy odboru protetiky v Slovenskej a Českej republike. V praktickej časti som sama akrylovú protézu zhotovila pre konkrétneho pacienta. Následne som porovнала mechanické vlastnosti niekoľkých typov metakrylátových odliatok, ktoré som taktiež samostatne, vlastnoručne zhotovila a premerala.

### **Kľúčové slová:**

Očná protéza, výroba očnej protézy, protetika, očná protetika, orbitálna pomôcka, optická pomôcka, orbitálna očná pomôcka

## **Bachelor's Thesis title: Orbital eye aid and its manufacture**

### **Abstract:**

The work deals with the production of eye prostheses. He points out the psychological condition of patients and surgical procedures that precede the use of acrylic eye prostheses. I have prepared a historical overview from the times of ancient Egypt through German glassmakers of the 19th century, to the current Czech and Slovak producers. In this work I described a detailed procedure for the production of acrylic eye prosthesis, its application and care, in order to provide the professional public with more detailed information about the field of eye prosthetics. I have listed the devices needed for the production of prostheses and the composition of individual materials according to the available data of the manufacturers. I also focused on the basics of the legal regulations of the Department of Prosthetics in Slovakia and the Czech Republic. In the practical part, I made an acrylic prosthesis for a

specific patient. Subsequently, I compared the mechanical properties of several types of methacrylate castings, which I also made, measured and measured separately.

**Key words:**

Eye prosthesis, production of eye prosthesis, prosthetics, eye prosthetics, orbital device, optical device, orbital eye device

## **POĎAKOVANIE**

Na tomto mieste by som rada poĎakovala môjmu vedúcemu bakalárskej práce Ing. Jiřimu Michálkovi, CSc. Za jeho pomoc a ústretovosť pri písaní tejto práce, ďalej za možnosť pracovať pod jeho vedením na pracovisku ÚMCH AV ČR, v.v.i., v chemickom laboratóriu. Veľká vĎaka patri taktiež môjmu otcovi a zároveň konzultantovi p. Kalapošovi, za poskytnuté cenné rady, diskutovanie problematiky výroby protézy, praktické pripomienky a v neposlednom rade za umožnenie vyrobiť protézu v svojej dielni. Ďakujem aj pracovníkom ÚMCH AV ČR, v.v.i., paní A. Bláhovej za pomoc s prípravou vzoriek a Ing. J. Hodanovi ktorý mi poskytol informácie a zariadenia pre meranie a vyhodnotenie mechanických vlastností vzoriek.

## PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že som bakalársku prácu „*Výroba očných protéz: v súčasnosti používané materiály a ich vlastnosti*“ vypracovala samostatne a použila k tomu úplný výčet citácií použitých prameňov, ktoré uvádzam v zozname priloženom k bakalárskej práci.

Nemám závažný dôvod proti užití tohoto školského diela v zmysle §60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorskom, o právach súvisiacich s právom autorským a o zmene niektorých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

V Kladne dňa .....

.....

podpis

## Obsah

1. Úvod .....	1
2. Očná protéza a jej použitie .....	3
3. Psychologický stav pacientov.....	4
4. Chirurgické zákroky .....	5
4.3. Enukleácia .....	5
4.4. Eviscerácia.....	7
4.5. Exenterácia .....	10
5. Orbitálne implantáty .....	12
5.1 Materiály orbitálnych implantátov .....	12
6. História protéz .....	15
6.1 Prvé známky o výrobe vo svete.....	15
6.2 Začiatky v Československu .....	16
7. Výroba očnej akrylovej protézy .....	18
7.3. Postup výroby .....	18
8. Aplikácia očnej protézy .....	20
9. Starostlivosť o očné protézu.....	22
9.1 Periodicita výmeny .....	23
10. Krycia očná protéza- Šupinková.....	23
11. Chemické zloženie použitých materiálov .....	24
12. Legislatíva .....	26
13. Ciele práce .....	27
14. Experimentálna časť .....	28
14.1 Postup výroby očnej akrylovej protézy .....	28
14.1.1 Príjem pacienta .....	28
14.1.2 Kyvetovanie.....	28
14.1.3 Príprava na prvú polymerizáciu a následná polymerizácia .....	30
14.1.4 Zhotovenie dúhovky .....	31
14.1.5 Úprava polotovaru .....	31
14.1.6 Príprava druhej polymerizácie a polymerizácia .....	32
14.1.7 Finálna úprava .....	33
14.2 Výroba akrylátových odliatkov .....	35
14.2.1 Vybavenie pre výrobu odliatkov .....	35
14.2.2 Výroba odliatkov pomocou tepelno- tlakovej polymerizácie.....	38
14.2.3 Výroba odliatkov pomocou svetelnej UV polymerizácie.....	42



14.3	Porovnávanie mechanických vlastností odliatych vzoriek .....	43
14.3.1	Potrebné vybavenie pre experiment .....	44
14.3.2	Podmienky experimentu .....	45
14.3.3	Priebeh experimentu .....	45
15.	Vyhodnotenie výsledkov experimentálnej časti .....	49
16.	Diskusia .....	52
17.	Záver .....	55
	Zoznam tabuliek .....	56
	Zoznam grafov .....	56
	Zoznam symbolov a skratiek .....	56
	Zoznam obrázkov .....	56
	Zoznam príloh .....	57
	Zoznam použitej literatúry .....	59

# 1. Úvod

Očná protetika sa zaraďuje do kategórie zdravotníckych odborov, ktorý je určený pre úzku skupinu pacientov s narušeným binokulárnym videním, bez oka. Zrak nedokážeme ničím nahradiť, zvlášť u ľudí ktorí oň prišli aj s časťou svojej tváre. Úlohou očného protetik je pomôcť týmto pacientom z estetickej strany, čo vedie k skvalitneniu ich života vo všetkých smeroch. Či už psychických ako aj spoločenských. Doposiaľ je známe, že nedokážeme oko ako orgán ekvivalentne nahradiť, no z vizuálneho hľadiska sa tomu snažíme čo najviac priblížiť.

Ide o odbor, kde je zručnosť spravidla získavaná praxou. Keďže tento odbor nie je na žiadnom type škôl vypísaný preto je možné získať jeho znalosť predávaním informácií a skúseností napríklad z generácie na generáciu.

Táto skutočnosť sa pre mňa stala inšpiráciou pre napísanie Bakalárskej práce o výrobe očných protéz. Svoje znalosti a zdatnosti mi predáva môj otec Juraj Kalapoš, ktorý sa odboru venuje od roku 1985 v Košiciach. V odbore sa rozhodol pokračovať po svojej matke.

Táto profesia ma zaujala natoľko, že sa po obhájení práce, môžem stať 3. generáciou v rodine, ktorá bude v profesii pokračovať a pomáhať nevidiacim pacientom.

Nevyhnutným základom je úzka spolupráca s lekármi ako sú najmä oftalmológovia a plastickí chirurgovia. Či už sa jedná o samotný chirurgický zákrok alebo následnú konzultáciu a odporúčenie lekára k výrobcovi protéz.

Cieľom bakalárskej práce bolo zameranie sa na tému orbitálnej protetiky. Poukázanie na skutočnosť, že výroba očných protéz je v zdravotníctve a spoločnosti potrebná/ nevyhnutná a oboznámiť širokú spoločnosť s procesom individuálnej výroby.

V práci sme sa zamerali na ujasnenie najzakladanejších pojmov pre výkon profesie. Objasnili sme celý proces výroby, od príjmu pacienta cez konkrétne kroky výroby až po finálnu skúšku a poučenie o jej starostlivosť.

V procese výroby je potrebná súčinnosť pacienta so špecialistom na výrobu. Dôležitou súčasťou je dôvera pacienta, keďže ide o veľmi chýlostivú záležitosť, častokrát nepríjemnú pre pacienta. Je potrebné zachovať diskretnosť a prejaviť rešpekt voči pacientovi. Poukázať na skutočnosť, že nie je jediný, ktorý má tento problém a že s týmto hendikepom je možné v živote naďalej fungovať takmer, ako kedykoľvek predtým.

Nevyhnutná je však spokojnosť pacienta už s hotovou protézou. Aby vyhovovala všetkým, či už estetickým alebo funkčným kritériám. Odrazom uspokojenia jeho požiadaviek a predstáv je skutočnosť, že sa dotyčný klient opätovne k protetikovi vráti.

Nájde sa aj skupina pacientov, ktorí skutočnosť, že prišli o zrakový orgán neprijmú. Nedokážu sa s faktom zmieriť natoľko, že sa už nielen nevrátia ale odmietnu prvú protézu nosiť. Avšak individuálnym prístupom dokáže protetik z časti presvedčiť pacienta, že mu optická pomôcka môže skvalitniť jeho budúci život.

Jedná sa o skutočnosť, ktorú protetik nevie nijakým spôsobom ovplyvniť, no jeho individuálnym prístupom, dokáže aspoň z časti pacienta presvedčiť, že optická pomôcka mu môže skvalitniť jeho budúci život.

Dôvody pacientov, ktorí za protetikom prídu s požiadavkou na výrobu očnej protézy sú individuálne. Častokrát sa jedná o závažné ochorenia. Nešťastné úrazy rôzneho typu, kde bolo potrebné celý orgán poprípade s okolitými tkanivami vybrať a jeho záchrana už nebola možná. Moderné technológie sa každým rokom vylepšujú, inovujú a to či už v oblasti kvalitnejších materiálov alebo postupu výroby. Je už len otázkou času, kedy vedci vyvinú takú optickú pomôcku, cez ktorú bude pacient môcť zachytiť vonkajšie vnemy, ktorá mu zabezpečí aspoň z časti plnohodnotné videnie. Preto je možné skonštatovať, že práca očného protetika je naďalej v spoločnosti žiadaná.

## 2. Očná protéza a jej použitie

Očná protéza, je kozmetická náhrada oka ktorá sa aplikuje v prípade enukleácie alebo exenterácii očnej bulvy a okolitých tkanív. Ide o malú optickú pomôcku, ktorá je vyrobená z rôznych materiálov, najčastejšie z PMMA. Vďaka svojej kompatibilite materiálu s ľudskými tkanivami a farebnej podobnosti s pôvodným ľudským okom. V dnešnej dobe, môže byť očná protéza vystavená pacientovi ako už vyrobený, skladový výrobok alebo starostlivo vytvorená replika navrhnutá na mieru. Tak, aby napodobňovala pacientovo prirodzené oko pohybom aj vzhľadom prispôsobený potrebám pacienta [1]

Tak ako očný lekár tak aj výrobca očných protéz musí pri navrhovaní protézy zväžiť množstvo rôznych faktorov. Zatiaľ čo väčšina ľudí sa pri prispôbovaní sa novej protéze zaujíma predovšetkým o farbu, je potrebné rovnako zväžiť množstvo ďalších dôležitých faktorov. Ďalšie dôležité vlastnosti, ako je pohyb, kontúry očných viečok, objem a pohodlie, tiež zohrávajú významnú úlohu v prirodzenom vzhľade a pociť znosenia protézy. Dôležitosť týchto faktorov nemožno preceňovať. Neprirodzené prispôsobenie si ostatní ľudia všimnú skôr, ako si všimnú akýkoľvek malý rozdiel vo farbe. [1], [2]

### 3. Psychologický stav pacientov

Nositelia očných protéz majú výrazne nižšiu kvalitu života ako zdraví jedinci. Pacienti so získaným poškodením tváre, ktorí sa prispôbujú svojej situácii, majú viac psychických problémov ako pacienti s vrodeným poškodením tváre. Závažnosť tohto poškodenia, nedokáže byť vhodnou výpovednou hodnotou psychického utrpenia. Pretože zatiaľ čo menšie poškodenie môže byť pre niektorých ľudí mimoriadne znepokojujúce, iní ľahko zvládajú závažnejšie stavy. Lepšou výpovednou hodnotou je správanie postihnutého jedinca. Keď je strata oka náhla alebo neočakávaná, nie je nezvyčajné, že pacienti prechádzajú procesom smútku podobným ako je smútok spojený so stratou blízkej osoby. Zdá sa, že existuje päť štádií smútenia (popieranie, hnev, vyjednávanie, smútok a prijatie), hoci nie každý prechádza všetkými štádiami alebo v poradí, ktoré je vyššie uvedené. Fáza smútku je pravdepodobne najkritickejšia, pretože vtedy si pacienti uvedomia, že ich život už nikdy nebude taký, ako predtým a môžu zažiť hlboký smútok vedúci k depresii. Marcelo Coelho Goiato a kol. [3] skúmali 40 pacientov o ich emocionálnych prejavoch po strate oka a počas nosenia očnej protézy. Ich výsledky boli špecifické pre brazílsku kultúru. 32 % pacientov „veľmi prežívalo“ svoj zdravotný stav a snažili sa o skrývanie svojho vzhľadu. Zatiaľ čo 22,5 % pociťovalo smútok a 15 % sa hanbilo za stratu oka. Pocity neistoty, strachu, menejcennosti a hnevu pociťovalo 10% pacientov. Štúdia [3] tiež zistila, že podporné rodinné prostredie bolo ďalším dôležitým faktorom pri zvládaní zdravotného stavu v dôsledku straty oka. Tento záver podporil aj fakt, že osamelí nositelia očných protéz mali vyšší sklon k depresii ako tí, ktorí žili s partnerom, priateľom alebo rodinou. Zlá psychická pohoda v tejto štúdii ďalej súvisela s pesimistickým pohľadom na danú problematiku, negatívnu sebareflexiu a tým, ako ich spoločnosť akceptovala. Štúdia [3] neskúmala asociácie pohodlia protézy pri jej nosení s psychickou pohodou. Úlohou lekárov je uistiť pacientov presnými a pravdivými informáciami o ich zdravotnom stave. Klinický lekár (využívajúci komunikačné schopnosti a prejavujúci známky empatie) môže byť pozitívnym faktorom, ktorý pomáha pacientom v ich adaptačných fázach. Pacienti, u ktorých sa zdá, že majú dlhodobé problémy so zvládaním svojho žiaľu a úzkosti, by mali byť odkázaní na odborného poradcu. [3]

## 4. Chirurgické zákroky

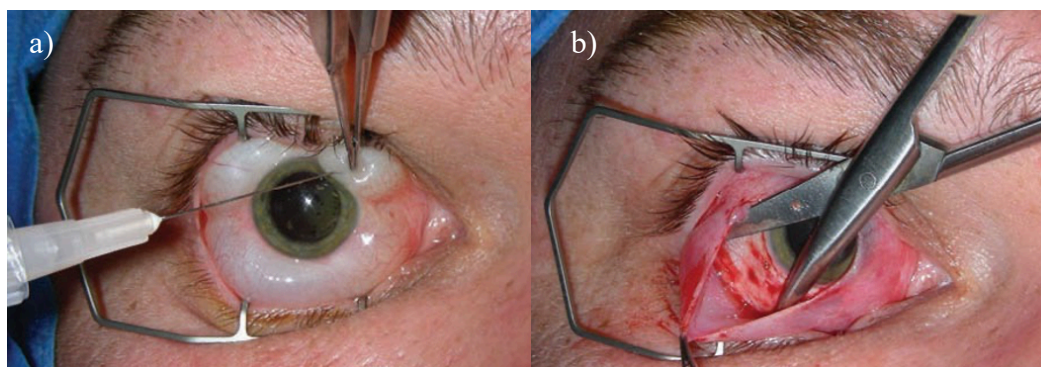
Strata oka predstavuje množstvo emocionálneho stresu a úzkosti. Ide o pocity obáv, očakávania najhoršieho a zvýšený pocit nebezpečenstva, ktoré majú negatívny dopad na sociálne správanie jedinca. [1]

Pacienti po chirurgických zákrokoch pociťujú úzkosť a depresiu, na základe ich zmeneného vzhľadu. V tomto smere má očná protéza dopomôcť kozmetickej úprave vzhľadu a zlepšiť sociálne správanie jedinca. Chirurgickými operáciami na odstránenie očí sú enukleácia, eviscerácia, exenterácia. [1], [4], [5]

### 4.3. Enukleácia

Ide o oftalmologický chirurgický zákrok, ktorého hlavnou úlohou je vybratie celej očnej buľvy a jej intraokulárneho obsahu. Avšak pre-orbitálne a orbitálne štruktúry sú zachované. Optický nerv a okolité svaly boli oddelené a ničím neporušené.

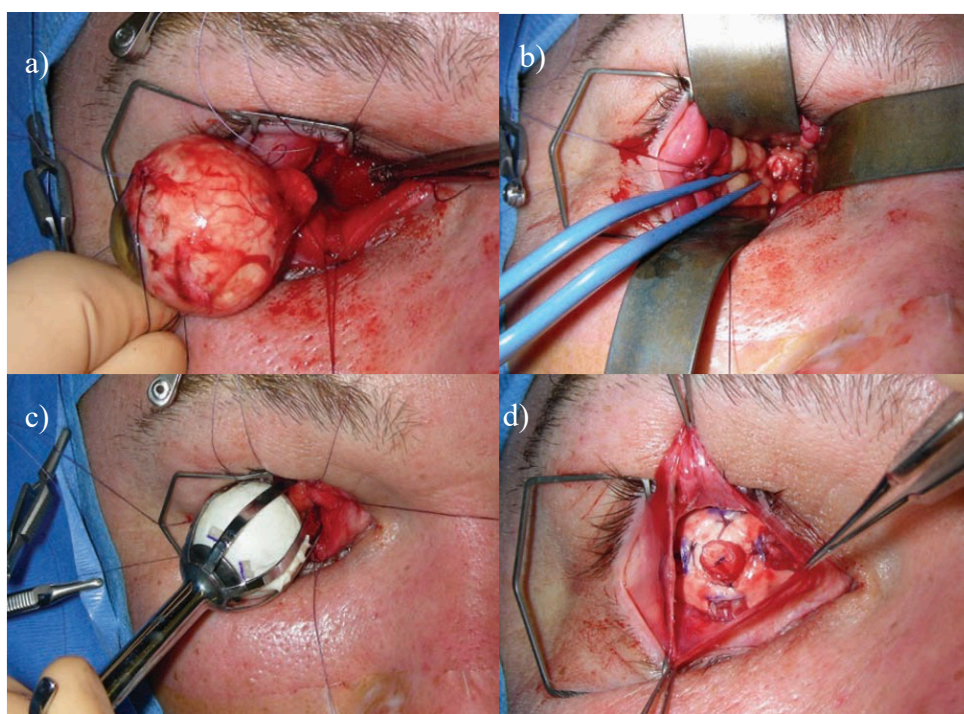
Pacienti ktorí sú vhodnými adeptmi na zákrok, sú plne nevidiaci alebo bojujúci s intraokulárnymi nádormi. Príkladom sú uveálne tumory pri ktorých nebolo možné lokálne odstrániť nádor a spôsobovali ďalšie komplikácie či už znížením zrakovej ostrosti, odchlípením sietnice alebo sekundárny glaukom. Rozsiahle melanómy spôsobujúce poruchy a zmeny na sietnici ktoré viedli až k rozsiahlemu krvácaniu. Retinoblastom vyskytujúci sa najmä u detí, jednostranne, kedy je nádor tak rozsiahly, že enukleačný zákrok dokáže dieťaťu zachrániť život. U obojstranného retinoblastu sa najprv operuje oko v horšom štádiu, v snahe o záchranu druhého oka využitím liečby, či už chemoterapie, kryo alebo brychoterpie. Enukleácia a exenterácia prichádza až ako jedna z posledných variant. [6]



Obrázok 1: a) Aplikácia epinefrínu subkonjunktíválne, b) Peritómia

Obrázok je prevzatý z: Daniel M. Albert, M.D., M.S., FACS a Mark J. Lucarelli, MD, FACS. Clinical Atlas of Procedures in Ophthalmic and Oculofacial Surgery. : *Enucleation*, 2. [8]

Taktiež u pacientov, ktorí prišli o zrak traumatom a došlo u nich k poškodeniu orbity. Operácia je vykonávaná v štandardnej celkovej a lokálnej anestézii. Po uspaní pacienta sa použije rozvierač viečok aby dokonale odkryl celý povrch oka. Epinefrín je podávaný subkonjunktívne ako lokálne anestetikum. Chirurg prevedie 360° peritómiu. Kladie sa dôraz na neporušenie spojovky a tenonovej membrány. E nukleačnou lyžicou sa z nazálnej strany podoberie očný bulbus. Lyžica sa najlepšie používa na ochranu a stiahnutie orbitálnych mäkkých tkanív zozadu, čím sa uľahčuje priama vizualizácia zrakového nervu. Očný bulbus je vytiahnutý z očnej jamky. V prípade že maligný nádor zasiahol aj optický nerv, prevádzajú sa histologické odbery. Následne je do očnice implantovaný už pripravený implantát podľa požadovanej veľkosti a objemu aby nedošlo po operácii k prípadnej deformácii celého vzhľadu očnice, *endoftalmu* alebo *exoftalmu*. [7], [8]



**Obrázok 2:** a) Vytiahnutie bulbu z očnej jamky, b) uvoľnenie priestoru pre implantát  
c) Vkladanie implantátu, d) vložený implantát.

**Obrázky sú prevzaté z:** Daniel M. Albert, M.D., M.S., FACS a Mark J. Lucarelli, MD, FACS.  
Clinical Atlas of Procedures in Ophthalmic and Oculofacial Surgery. : *Enucleation*, 2. [8]

Po implantácii je dôležité všetky svaly zašiť. Následne sa aplikuje antibiotická masť a na povrch zašitej spojovky sa umiestni priehľadná plastová šošovka vhodnej veľkosti aby držala tvar očnej jamky a umožnila očným viečkam žmurkať cez škrupinu bez trenia o líniu stehu. Plastová šošovka zostane na mieste šesť až osem týždňov, kým sa očná jamka zahojí. [8]

V prípadoch s konjunktiválnou chemózou môže byť realizovaná dočasná tarzografia pre uľahčenie retencie plastovej šošovky. Oko sa prelepí tlakovou náplastou.[8], [9]



**Obrázok 3:** Finálny stav po operácií

**Obrázok je prevzatý z:** Daniel M. Albert, M.D., M.S., FACS a Mark J. Lucarelli, MD, FACS. Clinical Atlas of Procedures in Ophthalmic and Oculofacial Surgery. : *Enucleation*, 2. [8]

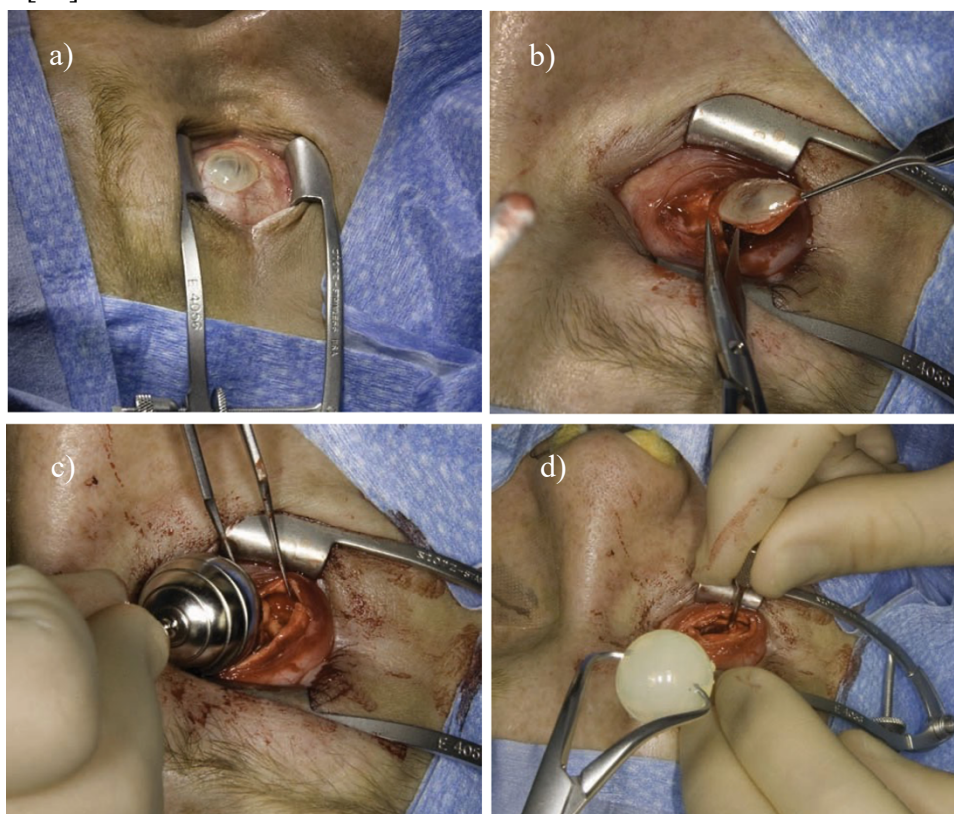
Výhodami operácie, je pozbieranie histologických vzoriek z optického nervu, ktoré môžu odhaliť prípadné malignity v optickom nerve a jeho okolí. V porovnaní s pacientmi, ktorí podstúpili operáciu eviscerácie, sa zistilo že pacienti po enukleácii majú omnoho menšiu motilitu implantátu než pacienti po eviscerácií. Môže dôjsť k pooperačným komplikáciám ako sú napríklad, vyoperovanie zdravého oka, orbitálny objemový deficit, infekcie orbity alebo implantátu, zlé sadnutie protézy. [10], [11]

#### 4.4. Eviscerácia

Ide o oftalmologický chirurgický zákrok, ktorý je určený pre plne nevidiacich pacientov s bolesťami očí, trpiacich či už absolútnym glaukomom, predný stafylom, choroidálne krvácanie, perforovaný korneálny vred alebo iné očné traumy. Častým dôvodom pre vykonanie eviscerácie býva endoftalmitída. Jedná sa o stav kedy je oko pacienta postihnuté infekciou alebo zákalmi v intraokulárnej tekutine. To spôsobuje, začervenanie očí, nadmerné slzenie, opuchy a fotofóbiu. Aj napriek ochoreniam ktorými pacienti trpia, častokrát nie je potrebná enukleácia. [12], [13]



Celý chirurgický zákrok je vykonávaný pod lokálnou anestéziou, ktorá je podávaná retrobulbárne. Ide o zmes 1 % lidokaínu a 0,25 % bupivakaínu s adrenalínom, v pomere 1:100 000. Do palpebrálnej štrbiny je umiestnený rozvierač očných viečok, tak aby odkryl očný bulbus. Následne je podávaná ďalšia lokálna anestézia, ktorá spôsobí eleváciu spojovky okolo rohovky a tým umožní chirurgovi vykonať 360° peritómiu. Limbus je vystrihnutý a odstránený tak, aby neporušil skléru, no musí sa odstrániť celá rohovka, aby sa znížilo riziko inklúzných cyst epitelu. [13]



**Obrázok 4:** a) Odhalenie bulbu rozvieračom, b) Peritómia c) Vkladanie SIZERU, d) Aplikácia implantátu

**Obrázky sú prevzaté z:** Daniel M. Albert, M.D., M.S., FACS a Mark J. Lucarelli, MD, FACS. Clinical Atlas of Procedures in Ophthalmic and Oculofacial Surgery. :*Evisceration 2*. [14]

Kompletný vnútroočný obsah vrátane cievovky a šošovky je vybratý a odstránený evisceračnou lyžicou, ktorá slúži aj na odstránenie adheroovaných cievkových tkanív. Po odstránení celého obsahu bulbu, operatér potrie vnútro ethyl alkoholom pomocou vatovej tyčinky. Tak je dosiahnuté odstránenie a denaturovanie reziduálnych tkanív z cievnatky. Chirurg v sklére prevedie diagonálny rez, aby obnažil intrakonálny priestor. Tým sa vytvorí dostatok miesta pre budúci implantát. Následne chirurg do otvoreného priestoru vkladá „meradlo“ - SIZER, ktorým chirurg určí veľkosť implantátu. Tá sa dá taktiež vypočítať pomocou axiálnej dĺžky oka, na predoperačnom CT vyšetrení. [13], [14]

Vhodne vybratý silikónový implantát je vložený do orbity. Po následnom zašití prednej skléry 5-0 polyglaktínovým stehom sa uzavrie tennonový vak v jednej alebo dvoch vrstvách pomocou prerušovaných stehov. Postupuje sa k spojivke ktorá nesmie ostať otvorená a 6-0 stehom sa taktiež uzavrie. [14]



**Obrázok 5:** Stav spojivky po operácií

**Obrázok je prevzatý z:** Daniel M. Albert, M.D., M.S., FACS a Mark J. Lucarelli, MD, FACS. Clinical Atlas of Procedures in Ophthalmic and Oculofacial Surgery. :*Evisceration 2*. [14]

Po kompletom zašití je potrebné povrch spojivky natrieť antibiotickou masťou a dočasne sa do palpebrálnej štrbiny umiestni priehľadná plastová šošovka. Očné viečka sa následne zašijú tarzorafiou, aby sa predišlo prolapsu spojivky. Orbita je po operácií prelepená tlakovou náplast'ou na 3 dni. Na konci celého zákroku je pacientovi podávaných 8-12mg dexametazónu, aby nedošlo k pooperačným opuchom a nevoľnosti. [14]

Výhod tejto operácie je viacero. Jednou z nich je tzv. orbitálna stabilita, kedy nedochádza k poškodeniu orbity, vytlačovaním voperovaného implantátu. Mobilita implantátu je zachovaná za podmienok, že extraokulárne svaly sú neporušené. Optický nerv je v plnej miere neporušený a hrozí menšie riziko pooperačnej meningitídy a encefalitídy než u prípadov enukleácie. Z psychologickej stránky túto operáciu zvládajú pacienti omnoho lepšie než po kompletnej enukleácií. V pooperačnom štádiu môže dôjsť ku komplikáciám ako je infekcia aplikovaného implantátu, jeho vysunutie alebo stočenie, orbitálny edém, retrobulbárne krvácanie. [15]

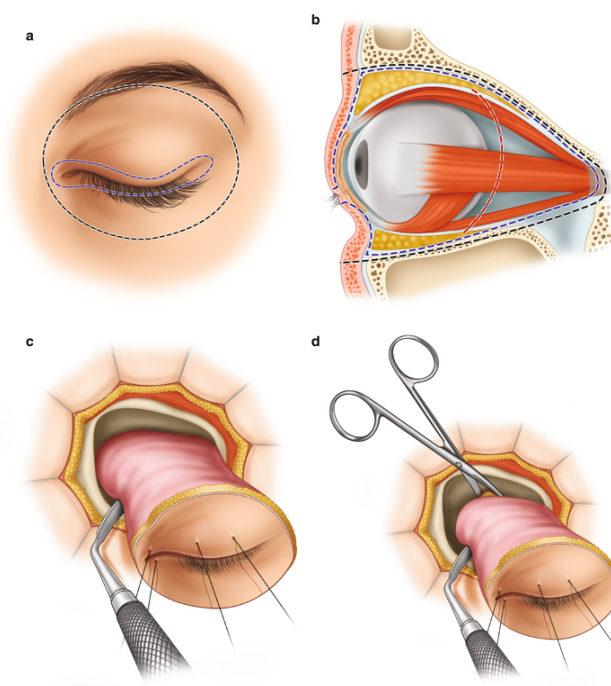
## 4.5. Exenterácia

Ide o oftalmologický, chirurgický zákrok, zahŕňajúci kompletne odstránenie očného bulbu, spolu s okolitými tkanivami, vrátane svalov a očného viečka. Najčastejšou indikáciou pre vykonanie tejto operácie, je prerastajúci tumor v oblasti orbity, ktorý je sprevádzaný častými zápalmi, bolesťami a život obmedzujúcimi príznakmi. Keďže tumor nie je možné vyliečiť klasickými liečebnými procesmi ako je napríklad chemoterapia. Preto ako jediný spôsob liečby nastáva exenterácie kompletneho obsahu orbity. Malignita sa však môže nachádzať aj v okolitých očných *adnex*. [16]

Ide o zákrok veľmi náročný. Nie len z časového hľadiska ale aj zdravotníckeho personálu a vykonaním viacerých zákrokov počas jednej operácie. Keďže bude počas operácie potrebné odstrániť kosti, kombinovaný výkon ORL špecialistu a chirurga.

Počas celého chirurgického zákroku je pacient v celkovej anestézii.

V zriedkavých výnimkách možno použiť lokálne retrobulbárne, infraorbitálne a periorbitálne nervové blokády, ak je celková anestézia absolútne kontraindikovaná. [16]



**Obrázok 6:** Postup exenterácie

**Prevzaté z literatúry:** Leon Rafailov Roger E. Turbin Paul D. Langer. *Oculofacial, Orbital, and Lacrimal Surgery* [16]

Exenterácia sa prevádza pomocou techniky šetriacej viečko. Kožné rezy sa robia tesne nad mihalnicami v hornom viečku a tesne pod mihalnicami v dolnom viečku. Čierny hodvábný steh 4-0 sa prevlečie cez kožu, svaly orbity, tarzálnu spojovku a zaviaže sa. Steh zabezpečí aby

boli viečka dostatočne uzavreté a aby bola zabezpečená dostatočná trakcia viečok počas celej operácie. [17]

Následne si chirurg načrtne kožný rez okolo celej orbity, 2mm nad hornou a pod spodnou mihalnicou. Následne sa cez perióst prevedie 360° rez, 2mm mimo orbitálneho okraja aby sa odhalila *os zygomaticum*. E nukleačné nožnice sa vložia medzi perióst a kosť na inferonazálnej strane a jemne sa posunú k orbitálnemu apexu. Tkanivá sa následne odrežú čo najbližšie k orbitálnemu vrcholu. Orbitálny obsah sa odstráni pokračujúcim ťahaním za hodvábné stehy v očných viečkach, pričom sa odrežú zvyškové zrasty na zadnej očnici. Očná jamka je okamžite po vybratí obsahu naplnená vlhkou gázou na 5-10min. Po odstránení gázy sa dôkladne skontroluje apex. V tejto časti operácie môže dôjsť ku krvácaniu ktoré je zastavované gázou až do úplnej zástavy krvácania. Do očnej jamky sa umiestni gumená drenáž a koža horných a dolných viečok sa zošije prerušovanými hodvábnymi stehmi 5-0. To zaisťuje, že zvyšková orbitálna dutina ostane naplnená vzduchom. [17], [18]

Steh sa odstráni za 12 až 24 hodín a drenáž je odstránená za 24 až 48 hodín. Kožné stehy sa odstránia približne za 1 týždeň a nie sú potrebné obvazy. Zvyšná koža očného viečka sa postupne sťahuje do jamky a poskytuje kozmeticky prijateľnejšiu výstelku jamky po exenterácii. Orbitálnu protézu je možné nasadiť do 3 až 4 týždňov.

Potenciálne chirurgické komplikácie zahŕňajú rozsiahle krvácanie, ktoré môže zriedkavo vyžadovať transfúziu krvi. Pooperačná infekcia je liečená vhodnými antibiotikami. Keďže ide o náročný zákrok aj z hľadiska pacienta je potrebné zaisťovať psychickú podporu počas pooperačnej zotavovacej doby.[18]

## 5. Orbitálne implantáty

Pri vybratí očnej bulvy, je orbitálny implantát aplikovaný v priebehu operácie do sklerálnej škrupiny alebo orbitálneho priestoru, pre jeho vyplnenie a dotvorenie chýbajúceho objemu.[19]

Adekvátne veľkosť orbitálneho implantátu je veľmi dôležitá, pretože menší implantát, než je potrebné môže spôsobiť migráciu v orbite a vôbec nesplní účel vyplnenia otvoreného priestoru. Taktiež väčší implantát než je potrebné môže spôsobiť estetickú vadu a tenzné napätie na okolité tkanivá ktoré môže pacient vnímať veľmi bolestivo a negatívne. Za vhodne zvolený implantát považujeme ten, ktorý nahradí 65-70% objemu orbity. Zvyšných 30- 35% má vytvoriť priestor pre protézu. [20]

Zvyčajne, v priemere 16-18mm je implantát určený pre novorodencov a dojčatá do 1. roka, 18-20mm pre staršie deti a 20-22mm pre dospelých pacientov.

Implantáty existujú v rôznych tvaroch či už sférických alebo oválnych, vo forme skladovej alebo výrobnej na mieru, pórové, nepórové alebo s obsahom magnetu.[20], [21]

### 5.1 Materiály orbitálnych implantátov

Implantáty, ktoré sú pacientom vkladané počas chirurgického zákroku eviscerácie alebo enukleácie môžu byť zložené z rôznych materiálov.

Jedným z najpoužívanejších a najznámejších implantátov, je nepórový, vyrobený z materiálu poly(metylmetakrylátu) (PMMA), ktorý vďaka svojim mechanickým vlastnostiam, minimalizuje pravdepodobnosť vysunutia implantátu, prípadne jeho odchýlenie z jeho prirodzeného postavenia. Taktiež minimalizuje prípadné poškodenia orbity. Veľkou výhodou je najmä cena PMMA implantátu ktorá je o značnú mieru nižšia než u ostatných implantátov. Jedným z príkladov z PMMA je Allenov implantát, určený na primárnu enukleáciu. Je zložený z hemisféry s fenestrovanou korunkou, ktorá umožňuje priečne zošitie priamych svalov. Týmto spôsobom môže implantát prenášať pohyb na protézu. Technickou zdatnosťou očnému lekárovi, dosiahneme využitie jeho všetkých možností. Protéza so zadným, nesprávne tvarovaným povrchom, by spôsobila nadmernú deformáciu krycieho tkaniva, ktoré by zostalo stlačené medzi protézou a implantátom. Čo môže spôsobiť dekubit s veľmi vysokým rizikom vypudenia implantátu. Medzi ďalšie používané materiály implantátov radíme napríklad silikónové, ktorých cena a kvalita sa zhoduje s PMMA, ďalej pórové polyetylénové alebo implantáty z hydroxyapatitu, ktorých cena je síce vyššia, cez to že kvalita je podobná. [21]

Tabuľka 1: Klasifikácia orbitálnych implantátov

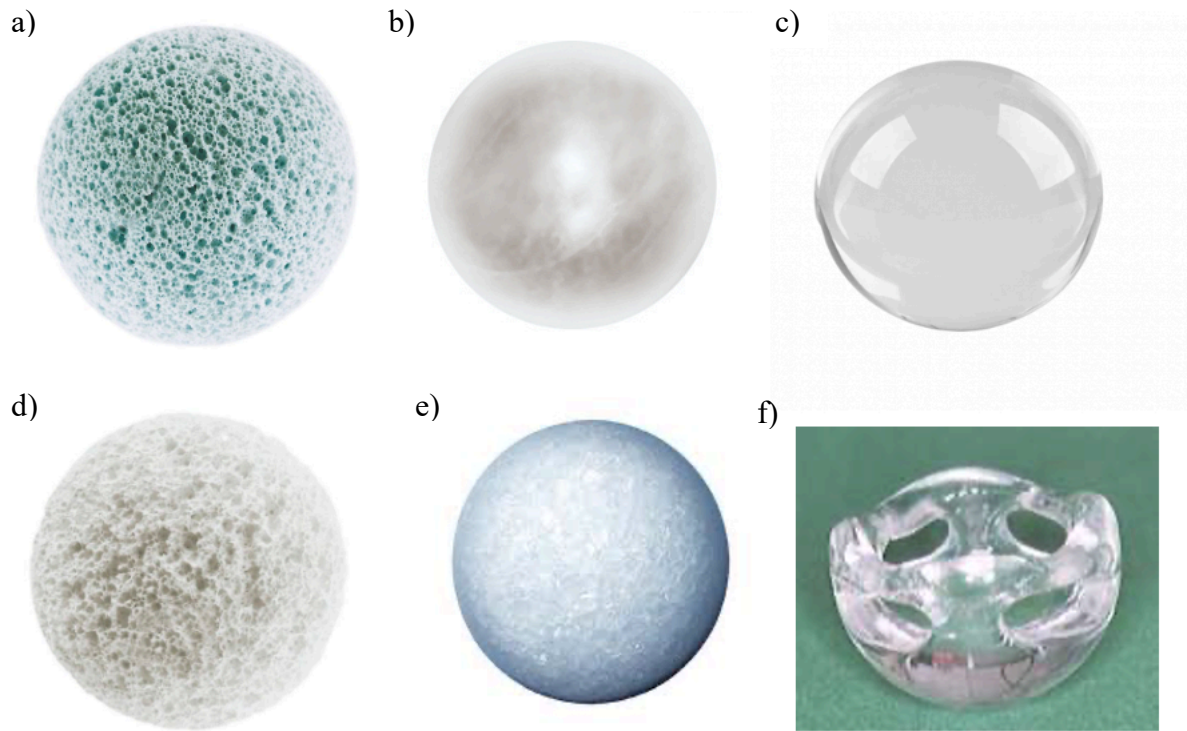
Typ povrchu	Typ integrácie	Materiál/ typ	Podľa typu zákroku	Podľa ceny	Výhody	Nevýhody
Pórové	Integrované	Cutler implantát	enukleácia aj eviscerácia	nákladné	výborná mobilita, zostáva na mieste	riziko infekcie a vysunutia implantátu cena
	Bio Integrované	Hydroxyapatit				
		Polyetylén				
		Alumínium oxid				
Nepórové	Biogénne	Tukový štep/ špongiózna kosť	dostupné	rastú s dieťaťom, cena	málo pohybu, kozmetický vzhľad	
	Neintegrované	PMMA				
		Silikónové				
		Sklenené				
		Akrylové				
	Polo integrované	Allen (PMMA)	enukleácia	cena, mobilita	riziko expozície	

Integrované implantáty sú vyrobené z porézneho materiálu, čo znamená, že tkanivá môžu vrasť do implantátu. Na povrchu sa nachádza mäkký poťah, ku ktorému je možné pripevniť svaly. [22]

Polo integrované implantáty nie sú porézne, ale majú veľké medzery, cez ktoré sú svaly ťahané a zviazané. Allenov implantát je najznámejší polo integrovaný implantát.

Neintegrované implantáty, vyrobené z akrylu sú často zapuzdrené v kapsule tkaniva, v dôsledku reakcie tela na hojenie. Dochádza k malému alebo žiadnemu kontaktu so svalmi. Príkladom je akrylový guľôčkový implantát.[22], [23]

Biogénne implantáty, tukové štepy z okolia *umbilica* alebo *recta* sa používajú na vyplnenie priestoru, ktorý predtým zaberalo oko. Štep obsahuje hlboké vrstvy kože a pod ňou tuk, meria asi 2 cm na dĺžku, šírku a hĺbku. Svaly sa nedajú pripojiť k tukovému štepu. Neexistuje žiadne riziko odmietnutia, pretože tento štep využíva vlastné tkanivo pacienta. Tieto štepy sú často najlepšou voľbou, keď je materiálový implantát obnažený alebo infikovaný. [23],



**Obrázok 7:** Príklady materiálov orbitálnych implantátov: a) Hydroxyapatite, b) Silikón, c) PMMA, d) Alumínium oxide, e) Polyetylén, f) ALLEN PMMA

Prevzaté z: a), d) Orbital implant- All medical device manufactures. MedicalExpo- The B2B marketplace for medical equipment [23]

b) Silicone Orbital Implants - FCI. *Access forbidden* [24]

c) Eye Sphere PMMA 10 mm Sterile. *Akriti : Manufacturer & Exporter of Ophthalmic Equipments, Optical & Ophthalmic* [26]

e) Sivua ei löydy. *Iogen Oy | Premium-laatus - Premium-asenteella - Iogen Oy* [25]

f) Allen Implant | Dalpasso protesi oculari. *DALPASSO Protesi Oculari* [27]

## 6. História protéz

Oko bolo pre staroveký svet symbolom života, najmä v Egypte, kde sa na zosnulých kladli oči z bronzu a drahých kameňov. Rimania zdobili sochy umelými očami vyrobenými zo striebra. [26]

### 6.1 Prvé známky o výrobe vo svete

Ambrose Paré (1510-1590), slávny francúzsky chirurg, ako prvý opísal nasadenie umelých očí do očnej jamky. Tieto kusy boli vyrobené zo zlata a striebra a možno rozlíšiť dva typy: ekblefara a hypoblefara, určené na nosenie pred alebo pod viečkami. Oko hypoblefary bolo navrhnuté pre aplikáciu nad atrofickým okom, pretože enukleácia nebola bežnou praxou až do polovice 19. storočia. Smaltované protézy (1820-1890) boli atraktívne, ale boli drahé a málo odolné. Zavedením kryolitového skla vyrobeného z oxidu arzenitého a kyolitu z fluoridu sodnohlinitého ( $Na_6Al_2F_{12}$ ) sa získala sivobiela farba vhodná pre protetické oko. Nemeckým remeselníkom sa pripisuje tento vynález v roku 1835. Na výrobu týchto sklenených očí sa sklenená trubica na jednom konci zahrievala, až kým nevznikla forma gule. Rôzne farby skla boli použité ako maliarske štetce, aby napodobnili prirodzenú farbu oka. [27]

Sklenené protézy mali úspech vo Francúzsku a Nemecku, kde sa tajomstvá výroby dedili z generácie na generáciu. V 19. storočí začali nemeckí remeselníci (neskôr známi ako „oční protetici“) cestovať po Spojených štátoch a iných častiach sveta, pričom sa na niekoľko dní usadili v jednom meste za druhým, kde pacientom vyrábali individualizované umelé oči. Pacientom z veľkej diaľky sa protézy rozposielali poštou. Používali sa aj vopred vyrobené oči. Očný protetik mohol mať v skriniach stovky sklenených očí a pacientom ponúkal oko priamo zo zásuvky.

V Spojených štátoch sa očné protézy vyrábali zo skla až do začiatku druhej svetovej vojny, keď bol nemecký tovar obmedzený a nemeckí sklári už necestovali po Spojených štátoch. Armáda Spojených štátov spolu s niekoľkými súkromnými odborníkmi vyvinula techniku výroby protéz s použitím olejových pigmentov a plastov. Od druhej svetovej vojny sa plast stal preferovaným materiálom pre umelé oko v Spojených štátoch. [27]

Počas 50. rokov 19. storočia začalo v New Yorku vyrábať protézy na mieru niekoľko spoločností založených v Nemecku. Remeselníci predávali umelé oči regionálnym očným lekárom alebo posielali polo zákazkové kusy jednotlivcom poštou. Pre viac zákazkovej práce potreboval jednotlivec cestovať do New Yorku alebo Philadelphie, aby si nechal vlastnoručne vyrobiť individualizovanú protézu. [27], [28]



## 6.2 Začiatky v Československu

Ako prvým výrobcom očných pohyblivých, sklenených protéz v Uhorsku sa považuje Béla Hatschek z Budapešti, ktorý pracoval na Kráľovej ulici 69, Budapešť 7. Svoje služby ponúkal košickej verejnosti v priestoroch hotela Schalkház (stál na Hlavnej ulici, na mieste dnešného Hiltonu) na 2. poschodí v izbe číslo 36 a pracoval od 8:00- 18:00. Tieto informácie sú obsahom inzerátu z denníka Felvidéki Ujság, z októbra 1908, ktorý uvádzam v prílohe č.1 [31]

Prvá oficiálna zmienka o výrobe akrylových očných protéz, ktorá bola realizovaná so súhlasom Ministerstva zdravotníctva ČSR koncom roku 1959 je spojená s menom J. Holuba, ktorý sa zaoberal aj ich aplikáciou. J. Holub je zároveň autorom kapitoly o protézach, z knihy „Technický sborník Oční optiky“, sa zúčastnil výskumu akrylátových očných protéz na oddelení n. p. Protetika v Prahe. Vďaka nemu sa v n. p. Oční optika odštartovala výroba akrylových protéz. Ďalšou firmou v ČSR, ktorá sa venovala výrobe sklenených očných protéz, bola firma Hoffman v Jablonci nad Nisou.

V súčasnosti sa výrobe očných protéz venuje niekoľko firiem ako v Českej tak aj v Slovenskej republike. Výroba sa delí do dvoch základných kategórií- výrobcovia akrylových a sklenených očných protéz.[32]

### Sklenené protézy

Jednou z firiem, ktorá pokračuje v dlhodobej tradícii výroby sklenených očných protéz, nesie meno svojho zakladateľa Petra Adamovského. Ten sa remeslo naučil v roku 1987 v Jablonci nad Nisou a následne si v roku 1992 založil vlastnú firmu. [33], [34]

Ďalšia firma, sklárska dielňa Šťovíček je v Ústí nad Labem, ČR. Vít Šťovíček sa vyučil v Železnom Brode a protetickému remeslu sa venuje od roku 2006. V súčasnosti na tomto výrobcovi závisí dva až tritisíc pacientov.[35]

Paní Jiřina Hykmanová, ktorá sa v roku 1991 vyučila v odbore mankárka špeciálnych sklenených kameňov a v roku 2001 si založila vlastnú firmu v ktorej sa venuje výrobe sklenených očných protéz.[33], [36]

Na Slovensku sa v súčasnej dobe výrobe sklenených protéz nevenuje žiaden výrobca.

### Akrylové protézy

Vyhľadávanou firmou vyrábajúcou očné akrylové protézy je firma Ronald Szarvas, Praha, ČR- R. Szarvas založil svoju firmu v roku 2006. Ako jediný v ČR a SR sa venuje technike výroby

protézy pomocou otlačku očnej jamky, vďaka čomu zaistí pohodlnejší tvar protézy pre pacienta.[33], [37]

Medzi ďalších výrobcov akrylátových očných protéz patrí Optik Grueber, Opava a firma „Oční protézy Jitka Klíčnicková“ Brno. [38], [39]

Na Slovensku má výroba akrylových protéz svoje zastúpenie v Bratislave, kde pracuje Ivana Prieložná. Profesiou prebrala po svojom otcovi protetikovi Milanovi Prieložnom , ktorý sa profesií venoval viac ako 50 rokov.[40]

Taktiež na východe Slovenska, v Prešove, vlastní očnú optiku Look, Mgr. Andrej Slaninka, ktorý pracuje v odbore očnej protetiky 25 rokov.[41]

V Košiciach, pôsobí firma Labop o.p., ktorej majiteľom je protetik Juraj Kalapoš. Ktorý sa venuje profesií 27 rokov. Cez to že sa špecializuje najmä na detskú protetiku, taktiež vyrába protézy pre dospelých pacientov.[42]

## 7. Výroba očnej akrylovej protézy

Proces výroby očnej akrylovej protézy je zložený z 5 základných krokov, bez ktorých by nebolo možné vyrobiť funkčnú protézu, slúžiacu určenému pacientovi. Tými sú kyvetovanie, príprava na prvú polymerizáciu, farbenie dúhovky, následne príprava na druhú polymerizáciu a finálna úprava protézy.[43]

### 7.3. Postup výroby

Ak očný protetik posúdi, že nie je vhodné aby bola protéza aplikovaná do očnej jamky, môže túto skutočnosť diskutovať s očným lekárom pacienta a prípadne sa poradiť, či jeho aktuálny fyziologický stav orbity a okolitých tkanív je možné chirurgicky pozmeniť tak aby bolo možné očnú protézu naaplikovať do očnej jamky. Ak však posúdi, že aplikácia očnej protézy bude vhodná, po kontrole očnej jamky, si protetik zaznamená všetky nálezy a anamnézu do pracovnej karty. Tá musí obsahovať meno, priezvisko, rok narodenia, označenie v ktorej očnej jamke sa protéza nachádza, údaje o farbe skléry a dúhovky, počet ciev, číslo poisťovne poistenca, dátumy návštev, podpis pacienta.

V prvej fáze je dôležitý kontakt s pacientom, aby si dokázal vybudovať vzťah s protetikom a dôveroval jeho schopnostiam, keďže ide o chýlostivú záležitosť, častokrát zahanbujúcu a nepríjemnú pre pacienta.

Ďalšou fázou je kyvetovanie. Protetik pracuje so sadrou a predošlou protézou ktorú doposiaľ nosil pacient. Sadru nalieva do kyvety pre vytvorenie otláčku novej protézy. Aby sa obe časti kyvety na seba neprilepili, protetik používa izolačnú tekutinu Isodent. Po kompletnom vytvrdnutí sadry sa polovice kyvety od seba oddelia a otláčok je pripravený k ďalšiemu použitiu. [32], [44], [45]

Po vybratí protézy zo sadrovej formy, sa môže zahájiť proces vytvárania novej protézy. Protetik používa zmes Superpontu C+B, ktorá sa vloží do kyvety so stuhnutou sadrou. Existuje viacero odtieňov Superpontu C+B. Výber správneho odtieňa závisí od veku pacienta. U detí, používa protetik svetlejšie farby a menej ciev avšak u starších pacientov sa využívajú dožltá sfarbené odtiene a viac ciev. Následne sa obe polovice kyvety spoja a zalisujú. Po krátkej chvíli sa vyjmú z lisu a vložia sa opätovne do polymerátora s destilovanou studenou vodou, kde polotovar tvrdne pri vysokom tlaku a teplote a prebieha tam polymerizácia v predpísanom režime. [32], [46]

V dobe kedy je kyveta umiestnená v polymerátore, protetik zhotovuje dúhovku a zrenicu. Plastový disk na ktorom protetik maľuje dúhovku je z celulózy alebo syntetickej živice,

polypropylénu, ktorý má približne hrúbku 0,25mm a priemer 10 až 12mm aby najlepšie napodobnil priemer ľudského limbu. Proces maľby sa nedá technicky opísať. Protetik musí byť primerane umelecky zdatný aby dokázal napodobniť štruktúru a farbu už existujúcej dúhovky.

Po vybratí kyvety z polymerátora sa musí nechať vychladiť. Následne sa otvorí a vyberie sa neopracovaný polotovar. Ten sa musí opracovať závesnou, ručnou brúskou do požadovaného tvaru. Pre vytvorenie žiliek na povrchu skléry, používa protetik jemné vlásoknice červenej bavlny, ktoré jemne zatlačí do povrchu hmoty polotovaru. [44]

Na takto pripravený polotovar je potrebné umiestniť, predom pripravenú dúhovku. Pre prepojenie polotovaru s dúhovkou je potrebné prekrytie druhou vrstvou akrylátu, pomocou druhej polymerizácie. Pre druhú polymerizáciu je taktiež potrebné si pripraviť obe časti kyvety a použiť inú hmotu, ktorým je Superakryl. V stanovenom pomere, ktorý odporúča výrobca, sa namieša hmota, Superakryl. Hmota ktorá je od začiatku nelepivá sa vloží do kyvety a zalisuje sa v lise. Zalisovanú kyvetu vložíme do polymerátora, kde pri vysokej teplote a tlaku prebehne polymerizácia. Po skončení polymerizácie sa kyveta vyberie z polymerátora a nechá sa vychladnúť. Prvý prefabrikát je mäkkší než druhý prefabrikát. [32], [47]

Po vychladnutí sa kyveta opatrne otvorí a následne sa protéza obrúsi zo všetkých strán. Tým docielime požadovaný tvar protézy. Po vybrúsení sa protéza leští na hrubo a následne sa dolešťujú posledné nedokonalosti. Povrch protézy by mal byť po preleštení hladký a priehľadný. Po úspešnej kontrole sa protéza opláchne čistou vodou a dezinfikuje sa. Takto hotová protéza je pripravená pre vydanie pacientovi. [44]

## 8. Aplikácia očnej protézy

Pacient očnú protézu nenosí 24h denne. Z dôvodu bezpečnosti a pohodlia pri spánku a taktiež z hygienických dôvodov, je potrebné protézu z očnej jamky vybrať. Vkladanie a vyberanie protetického oka sa môže na prvý pohľad zdať ako zložitý úkon, no s niekoľkými usmerneniami a rutinnou praxou sa táto aktivita stane samozrejmosťou. Je dôležité, aby sa pacienti s týmito postupmi stotožnili hneď po prijatí protézy. To platí najmä pre deti, ktoré sa budú častejšie venovať čisteniu očnej protézy. [48]

Pred manipuláciou s protetickým okom sa musí pacient uistiť, že má čisté ruky a nie sú na nich žiadne nečistoty. Aby pacient zabránil náhodnému spadnutiu protézy, jej poškodeniu alebo strate, pre začiatok je vhodné položiť uterák na umývadlo. Poškodenie protézy môže vážne obmedziť pohodlie, nositeľnosť a vzhľad protézy. Preto je dôležité byť pri manipulácii s protézou obzvlášť opatrný. V závislosti od pacientových individuálnych preferencií používa prísavky, prsty alebo sklenenú tyčinku.[48]



Obrázok 8: Ukážka vkladania očnej protézy

**Prevzaté z článku:** *Inserting and Removing a Prosthetic Eye* [48]

Vkladanie protézy prstami: pre vloženie protézy prstami, pacient nadvihne horné viečko ukazovákom, aby vytvoril otvor a zasunie horný okraj protézy pod horné viečko. Pri držaní protézy na mieste uvoľní horné viečko a stiahne spodné viečko tak aby vložil protézu na miesto. [49], [50]

Vkladanie protézy s prísavkou: prísavku pacient pripevní na protézu stlačením a uvoľnením rukoväte. Ukazovákom nadvihne horné viečko a vytvorí otvor a zasunie horný okraj protézy pod horné viečko. Pri držaní umelého oka na mieste uvoľní horné viečko a stiahne spodné viečko, aby vložil protézu na miesto. Stlačením rukoväte sacej tyčinky ju uvoľní. [48]

Vyberanie- ak chce pacient protézu odstrániť prstami, potiahne spodné viečko ukazovákom a nechá protézu vysunúť cez spodné viečko. Potom protézu jemne odstráni voľnou rukou.

Vyberanie protézy pomocou prísavky: prísavku pripevnite na umelé oko stlačením a uvoľnením rukoväte. Zatiaľ čo držíte prísavku, druhým ukazovákom stiahnite spodné viečko a jemne vyberte protézu.[49], [50]

Vyberanie protézy pomocou sklenenej tyčinky: tyčinka sa podloží medzi dolné viečko a dolný okraj protézy a mierne páčivým pohybom sa po tyčinke vyklzne smerom von z očnej jamky. Pomocou tyčinky je možné protézu len vyberať, nie zakladať. Ukážka sklenenej tyčinky sa nachádza v prílohe č. 2 [49]

Po obdržaní na mieru vyrobenej protézy, pacient precvičí tieto jednotlivé techniky vkladania a vyberania s výrobcom a odborníkom na očné protézy.

## 9. Starostlivosť o očné protézu

Existuje množstvo rôznych faktorov, ktoré môžu spôsobiť, že protéza bude pacienta dráždiť. Sú to vplyvy prostredia, ako je smog, chemická kontaminácia ovzdušia alebo extrémne poveternostné podmienky. Alebo zdravotné faktory, ako je zlá hygiena, alergie, prípadné zápaly orbity. Spomenuté faktory môžu prispieť k hromadeniu solí a bielkovín na protéze. Preto je veľmi dôležité udržiavať povrch očnej protézy alebo šupinkovej protézy v čistote. Pomôže to znížiť podráždenie očnej jamky alebo nefunkčného oka a zvýšiť celkový komfort nosenia očnej protézy. Očné protézu je potrebné čistiť raz denne. Vo svete existuje množstvo rôznych čistiacich prostriedkov na pomoc pri odstraňovaní povrchových usadenín na očnej protéze. Prvým produktom, ktorý je výrobcom doporučený, je detský šampón. Tento typ čističa je šetrný a účinný pri rozkladaní hlienových usadenín. Ďalšou možnosťou by bolo namočiť protézu do roztoku na čistenie kontaktných šošoviek (s výhodou roztoku na tvrdé kontaktné šošovky) alebo peroxidu vodíka. Pred opätovným vložením protézy je potrebné sa uistiť, že pacient protézu dobre opláchnol (najmä po peroxidovom roztoku). Používa sa taktiež technika čistenia pri horšie zmývateľných nečistôt v teplej nádobe s vodou obsahujúca 1 čajovú lyžičku kuchynskej soli na 1 liter vody. Protéza sa nechá na 10min v takto pripravenom roztoku a následne sa vyčistí pomocou mäkkej kefy. Po vybratí zo slaného roztoku je potrebné protézu opláchnuť pod čistou tečúcou vodou. [51]

Okrem udržiavania čistoty protetikého oka sa musia mihalnice a očné viečka udržiavať v čistote bez nahromadenia hlienu. Tieto proteínové usadeniny sa môžu stať nepríjemnými dráždidlami a môžu viesť k infekcii. Aby sa tomu zabránilo, odporúča sa používať Ocusoft Lid Scrub na udržanie čistého orbitálneho otvoru. Na umelú očné protézu sa nesmú používať žiadne produkty, ktoré obsahujú alkohol, silné chemické rozpúšťadlá alebo antibakteriálne mydlo. Tieto čistiace prostriedky preniknú do akrylového materiálu a spôsobia kontamináciu, dlhodobé nepohodlie a poškodenie protézy. [51]

Protézu je možné nosiť neustále až na výnimku, kedy si ju pacient potrebuje vyčistiť. V prípade, že protézu v noci pacient nosiť nebude, je potrebné ju vyčistiť, vysušiť a ponechať ju v uzavretej nádobe. V určitých prípadoch sa protézu v noci nosiť neodporúča. [52]

## 9.1 Periodicita výmeny

Opotrebenie protézy závisí na viacerých faktoroch, ako je vplyv okolitého prostredia, typ očnice alebo množstvo produkcie slz. Odporúčaná výmena akrylovej očnej protézy je raz za rok, keďže materiál má nižšiu tvrdosť povrchu a väčší potenciál opotrebenia ako sklenená protéza. Pacient má zo zákona nárok od zdravotnej poisťovne, ktorá túto optickú pomôcku hradí v plnom rozsahu, na jednu protézu za rok. Pokiaľ u pacienta dôjde k podráždeniu očnice z dôvodu nepravidelnosti a drsnosti povrchu protézy, čo spôsobuje nadmerné slzenie, je vhodné protézu vymeniť. Riešením tohto problému môže byť dôkladnejšie opracovanie protézy pacienta očným protetikom. Najdôležitejšie je aby bol pacient spokojný a protéza sa mu príjemne nosila počas celého dňa bez akýchkoľvek problémov. To zabezpečí zabránenie rozsiahlych zmien a poškodení očnice.[52]

## 10. Krycia očná protéza- Šupinková

Sklerálna protéza je špecifický typ protézy ktorá sa aplikuje na pacientovo vlastné oko. Ide o kozmetickú pomôcku ktorej hlavnou úlohou je pokrývať celý povrch oka tak aby zakryla poškodenia oka a navracia mu prirodzený vzhľad. [53]

Primárnou funkciou sklerálnej škrupiny je nahradiť objemový deficit menšieho ako normálneho oka. Bez protetickej náhrady bude mať neprimeraný objem oka za následok nedostatočnú podporu očných viečok. Mohlo by to spôsobiť zúženie otvoru očného viečka, ptózu alebo ovisnutie horného viečka. Medzi hlavné dôvody pacientov, pre zhotovenie krycej očnej protézy, patrí najmä atrofia, mikroftalmus a eviscerácia. Oko je síce vyoperované no spojkový vak je zachovaný. Priestor medzi okom a viečkami je natoľko úzky, že doň nie je možné vložiť klasickú protézu, len šupinkovú. Na mieru prispôsobená sklerálna škrupina nielen poskytne správnu podporu očného viečka, ale tiež vráti oku prirodzený kozmetický vzhľad. Keď pacient dostane svoju konečnú protézu, zvyčajne sa odporúča, aby začal s denným nosením, kým sa s protézou nebude cítiť pohodlne. [53], [54]

Postup výroby očnej krycej protézy je úplne identický s klasickou výrobou akrylovej protézy. Jediným rozdielom je, že protéza je vybrúsená do extrémnej tenkosti aby sa zmestila do extrémne úzkeho priestoru. Celý postup výroby je podrobne opísaný v praktickej časti práce.



## 11. Chemické zloženie použitých materiálov

**Alabastrová sadra**- je jemný biely prášok, bez mechanických nečistôt, ktorý je určený ako špeciálny materiál pre vytvorenie otlaku očných protéz v mosadznej kyvete. Ide o hemihydrát síranu vápenatého ( $\text{CaSO}_4 \times \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$ ). Pridávajú sa doň ďalšie substancie akými sú, síran draselný pre zníženie expanzie a urýchlenie tuhnutia, bórax ako spomaľovač k predĺženiu doby tuhnutia a vápenec pre zlepšenie lámavosti. Sadra sa skladuje v uzatvorenej forme v suchu, pri teplote od 5 °C do 25 °C. Pomer miešania: 100 g alabastrovej sadry na 60 ml vody. Doba spracovávania je cca 6–7 minút. Doba tuhnutia potom 12–20 minút. Pevnosť 9 MPa. Zmena objemu pri tuhnutí je minimálna, cca 0,1 %. Zvyčajne sa používa k zhotovovaniu predbežných modelov alebo odliatkov. Medzi hlavných výrobcov patria firmy: Omnident, Siladent, Alamo S, Finoplaster, [36], [56]

**Isodent**, značky Spofadental - je alginátový roztok určený na separáciu sadrových foriem. Jeho veľkou výhodou je, že aj napriek úplne neodmastenému povrchu, má výbornú separačnú schopnosť v sadrovej forme. Jeho využitie v praxi je veľmi jednoduché. Potrebné množstvo sa v slabej vrstve naniesie s plochým štetcom na medenú formičku so stuhnutou sadrou. Následne sa priklopí druhá časť formičky taktiež so stuhnutou sadrou a formička je pripravená na zalisovanie [37]

**SUPERPONT C+B**, značky Spofadental- je hydropneumatická tuhnuca akrylová živica pre priame modelovanie. Taktiež sa o nej píše ako o dimetakrylátovej živici a z najväčšej časti je opäť odvodená od metylmetakrylátu, s obsahom ďalších esterov a diesterov, prípadne amidov alebo iných derivátov kyseliny metakrylovej a akrylovej. Využíva sa v dentistike (korunky, mostíky). Je určená pre dlhodobý styk s ľudským tkanivom. Vyrába sa v krčkovitých odtieňoch v systéme VITA™: A3,5, A4, B2, B3, C4, D2, D4, dentinových odtieňoch v systéme VITA™: A1, A2, A3, A3,5, A4, B2, B3, B4, C2, C3, C4, D2, D3, D4, sklovitých odtieňoch v systéme VITA™: A2, A3,5, B2, C4, D2, D4 a v transparentnom odtieni T. Superpont sa skladuje v uzatvorenej forme v suchu, pri teplote od 5 °C do 25 °C. [38], [57]

**SUPERACRYL® PLUS**, značky Spofadental - teplom vytvrditeľná bazálna živica, ktorej základ je metylmetakrylátový polymér vo forme prášku. Ten sa v presne danom pomere mieša s kvapalnou zložkou, ktorá obsahuje monomer metylmetakrylát a sieťovadlo. Po zmiešaní vzniká pasta (cesto), ktorú je možné po určitú dobu spracovávať, tvarovať, plniť do foriem apod. Po určitom čase, ktorý je možné skrátiť zahrievaním, dôjde k vytvrdnutiu pôvodne tvárnej

hmoty na pevný odliatok. Prípravok neobsahuje kadmium. Materiál je možné použiť v piatich odtieňoch od bezfarebného typu O až po U, V, Z a X ktorý obsahuje vlákna.

Medzi mechanické vlastnosti superakrylu patrí pomerne vysoká pevnosť v jeho ohybe. Práve preto sa používa pri druhej polymerizácii pre vytvorenie pevnej, celistvej vrstvy protézy. Nasiakavosť materiálu, no nízka rozpustnosť vo vode. Výhodou je jednoduché opracovanie materiálu a jeho leštenie. Medzi nežiadúce účinky patrí citlivosť na metylmetakrylát u alergikov. [39]

Na prípravu cesta zo superakrylu sa mieša pomer podľa odporúčenia výrobcu, 22g prášku a 10ml tekutiny tj. Objemový pomer 3:1. Polymér sa rozpúšťa v skrátenej dobe. Po zaschnutí v uzatvorenej forme je cesto pripravené na ďalšie spracovanie v sadrovej forme, na kyvetovanie a následnú tlakovú polymerizáciu. Výhodou je, že cesto má predĺžený interval plasticity vďaka čomu je možné s cestom pracovať cca 10min. Superakryl by sa mal skladovať v uzatvorenom obale, pri teplote 25°C. [39]

## 12. Legislatíva

Výrobu a aplikáciu očných protéz v Českej a Slovenskej republike ošetrujú rôzne právne normy, ktoré povoľujú vykonávanie činnosti. Taktiež umožňujú pacientom plnú úhradu optickej pomôcky na základe lekárskeho predpisu, ktorý prepláca zdravotná poisťovňa poistenca a niektoré z nich uvádzam.

Pre povolenie pre výrobu a opravy sériovo zhotovovaných protéz platí v Českej republike zákon č. 96/2004 Sb., o podmínkách získavání a uznávání způsobilosti k výkonu nelékařských zdravotnických povolání a k výkonu činností souvisejících s poskytováním zdravotní péče a o změně některých zákonů (zákon o nelékařských zdravotnických povoláních), ve znění pozdějších předpisů odborná způsobilost k výkonu povolání ortotik - protetik podle zvláštního právního předpisu<sup>\*)</sup>, nebo odborná způsobilost k výkonu povolání ortoticko-protetický technik podle zvláštního právního předpisu<sup>\*)</sup> a 3 roky praxe v oboru, nebo osvědčení [55]

Pre povolenie na vykonávanie odboru očnej protetiky a vydávania optickej pomôcky na základe poukazu, platí zákon v Českej republike „Zákon č. 89/2021 Sb. *Zákon o zdravotnických prostředcích a o změně zákona č. 378/2007 Sb., o léčivech a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o léčivech), ve znění pozdějších předpisů.*“

V § 32 Podmienky výdaja prostriedkov: sa píše o podmienkach vydávania zdravotníckych prostriedkov na základe lekárskeho predpisu. Súčasťou výdaja je poskytovanie nevyhnutných informácií pre správne a bezpečné používanie vydaného prostriedku.

Pri každej návšteve výrobcu protéz, je potrebné aby pacient vždy priniesol so sebou aj poukaz na okuliare a optickú pomôcku. [58]

Poukaz by mal obsahovať vytlačený kód lekára, jeho pečiatku a podpis. Z druhej strany by mala byť uvedená pečiatka špecialistu ktorý zhotovuje očnú protézu. Tento poukaz slúži pre výrobcu aby ho mohol odovzdať poisťovniam, s ktorými má uzatvorené zmluvy, pre vyplatenie protézy, keďže podľa zákona má pacient nárok na jednu protézu ročne, ktorú mu prepláca jeho zdravotná poisťovňa. Ukážka slovenského a českého receptu sa nachádza v prílohe 2. Medzi ďalšie základné informácie ktoré by mal recept obsahovať, je meno, priezvisko a bydlisko pacienta. Názov optickej pomôcky a jej kód. Zvyšné informácie si vypisuje poisťovňa sama, podľa potreby. [58]

V Slovenskej republike platí zákon pre vydávanie optickej pomôcky, na základe lekárskeho predpisu, ktorá sa vydáva raz ročne a je preplácaná zdravotnou poisťovňou.

Podľa zákona č. 363/2011 **Zákon o rozsahu a podmienkach úhrady liekov, zdravotníckych pomôcok a dietetických potravín na základe verejného zdravotného poistenia a o zmene a doplnení niektorých zákonov**, v § 26 odst.5, a základe verejného zdravotného poistenia sa

plne alebo čiastočne uhrádzajú zdravotnícke pomôcky individuálne vyrobené podľa lekárskeho poukazu a sériovo vyrobené optické zdravotnícke pomôcky tak, aby zodpovedali osobitným požiadavkám poistenca

Požiadavky na odbornú spôsobilosť vydáva Nariadenie vlády č. 296/2010 Z. z. o odbornej spôsobilosti na výkon zdravotníckeho povolania, spôsobe ďalšieho vzdelávania zdravotníckych pracovníkov, sústave špecializačných odborov a sústave certifikovaných pracovných činností.

## 13. Ciele práce

Na základe prevedených rešerší a osobných skúseností som popísala postup výroby a aplikácie očných protéz, zmienila problematiku starostlivosti o oční protézu a odporučila jej najvhodnejší postup. Zároveň som si ujasnila ciele pre praktickú časť svojej bakalárskej práce.

Hlavným cieľom je vlastnoručné zhotovenie akrylovej očnej protézy, vrátane popisu potrebného vybavenia a materiálov.

Ďalším cieľom je porovnanie vlastností niekoľkých typov vzoriek z komerčných materiálov a podobných polymérov. K dosiahnutiu tohto cieľu je potrebné splniť niekoľko dôležitých úloh:

- \* pripraviť z komerčných materiálov skúšobné telieska pre meranie ich mechanickej odozvy v ťahu

- \* odliat' z podobných monomérov polymérne skúšobné telieska pro meranie mechanickej odozvy v ťahu

- \* premerať a vyhodnotiť ťahové krivky všetkých pripravených skúšobných teliesok vrátane základnej štatistiky

## 14. Experimentálna časť

Pre moju experimentálnu časť som vyšla z parametrov konkrétneho pacienta. Bol ním 13 ročný chlapec JK z Martina, ktorému som zhotovovala akrylovú očné protézu pod dohľadom kompetentnej osoby, protetika Juraja Kalapoša v jeho dielni v Košiciach.

### 14.1 Postup výroby očnej akrylovej protézy

Pri výrobe očnej protézy je potrebné zachovať niekoľko dôležitých parametrov, aby sa protéza z vizuálneho hľadiska čo najviac podobala zdravému oku pacienta. Tými sú tvar a veľkosť protézy. Jej správne uloženie do očnej jamky. Sfarbenie skléry, veľkosť zrenice, vytvarovanie a sfarbenie ciev, identickosť sfarbenia dúhovky so zdravým okom.

#### 14.1.1 Prijem pacienta

V procese prijatia pacienta bolo najprv dôležité skontrolovať a posúdiť stav jeho očnej jamky. Či je dostatočne veľká a vhodná pre usadenia očnej protézy do vnútra. Taktiež bolo potrebné skontrolovať spojivkový vak. Pokiaľ je proces výroby zahájený úplne od začiatku, u pacienta pri jeho prvej návšteve je potrebné aby všetky stehy po operácii boli vybraté, prípadne zahojené tak aby nijakým spôsobom nebránili v aplikácii protézy. Najvhodnejší čas pre prvú aplikáciu je mesiac po chirurgickom zákroku aj to so súhlasom oftalmológa. Pre zistenie veľkosti protézy sa využívajú už hotové protézy rôznych tvarov a veľkostí. Popríklad sa pozmení pár detailov podľa potrieb pacienta. Dôležitá je nie len estetická strana, aby protéza vyzerala autenticky ale aby nevypadávala z očnej jamky, netlačila ho a poskytovala pacientovi čo najväčší komfort pri jej nosení.

Tento pacient prišiel po roku na pravidelnú výmenu. Novú protézu som vyrába na základe jeho predošlého tvaru a veľkosti. Do jeho pracovnej karty som si zaznamenala dátum návštevy a krátkymi slovami popísala úkon ktorý som vykonávala. Pracovnú kartu mi podpísal jeho zákonný zástupca

#### 14.1.2 Kyvetovanie

Pre zahájenie výroby akrylovej očnej protézy bolo potrebné používať ochranné pomôcky, špeciálny pracovný odev a priehľadné okuliare aby ma chránili počas celého procesu výroby. Najmä počas fázy brúsenia protézy, kedy všetky prebytočné kúsky lietajú naokolo a mohli by znečistiť môj odev alebo poškodiť môj zrak. Taktiež som pracovala s nebezpečnými a agresívnymi chemikáliami, ktoré mohli môj bežný odev znečistiť alebo

poškodiť. Vlasy som musela mať zopnuté do gumičky, aby mi nevadili pri práci a nedostali sa mi do hmoty s ktorou som aktuálne pracovala.

Prvou fázou procesu bolo kvetovanie, kedy som si pripravila formu. Používala som mosadznú kyvetu, zloženú z dvoch častí v ktorej som zhotovila sadrový odliatok z už existujúcej protézy.

Na začiatku som si rozmiešala alabastrovú sadru (Spofadent, výrobca Spofa Dental a.s., Jičín, ČR) s vodou v množstve udávanom výrobcom. 100g sadry na 60ml vody. Avšak pomery sa môžu líšiť v závislosti od výrobcu a typu sadry. Množstvo rozmiešanej hmoty by malo postačiť na jednu časť kyvety. Po naliatí sadry do jednej časti kyvety bolo potrebné počkať do momentu kedy sadra začala tuhnúť. Následne som vtlačila protézu do sadry a uhladila som povrch. Zarovнала som ju do výšky kyvety pomocou laboratórneho noža a odstránila prebytočnú sadru. Hmotu spolu s protézou som nechala tvrdnúť v izbovej teplote (23°C) do momentu kým hmota úplne nestuhla. Proces tvrdnutia trval 10-12min.[44]

Po stvrdnutí jednej časti kyvety, som musela povrchovú plochu odizolovať, aby po priložení druhej časti kyvety nedošlo k prilepeniu oboch častí a následnej neschopnosti vybrať odliatok z kyvety. Na to som použila izolačnú tekutinu Isodent (Spofadent, výrobca Spofa Dental a.s., Jičín, ČR). Na spodnú časť kyvety v ktorej som mala zatvrdnutú sadru s protézou, som priložila vrchnú prázdnu časť do ktorej som znova v rovnakom pomere naliala rozmiešanú sadru s vodou. Zahladila som vrchnú časť kyvety tak aby po povrchu celej kyvety nebola prebytočná sadra. Následne som musela počkať na moment kedy zatvrdne aj vrchná časť kyvety. Po kompletnom vytvrdnutí sadry, som obe polovice kyvety od seba oddelila a protézu som musela veľmi opatrne vypáčiť z lôžka uloženia.[45]



**Obrázok 9: Potieranie kyvety Isodentom**



**Obrázok 10: Ukážka kyvety**

### 14.1.3 Príprava na prvú polymerizáciu a následná polymerizácia

Po vybratí protézy zo sadrovej formy, som zahájila proces vytvárania novej protézy. Začala som výrobou skléry. Podľa odporúčania dodávateľa, som rozmiešala v objemovom pomere 3:1, 22g prášku a 10ml tekutiny Superpontu C+B (Spofadent, výrobca Spofa Dental a.s., Jičín, ČR), kým sa hmota nestala homogénnou. Doba miešania bola 1,5 minúty. Po niekoľkých minútach vzniklo plastické neschnúce cesto. S namiešanou hmotou som mohla pracovať po dobu 30min pri teplote 25°C. Existuje viacero odtieňov Superpontu, ktoré mi umožnili aby som sa farebne maximálne priblížila k farebnému odtieňu skléry, zdravého oka pacienta. Vypracovanú hmotu som vložila do spodnej časti kyvety kde bol vytvorený odliatok predchádzajúcej protézy



Obrázok 12: Kyveta naplnená Superpontom C+B



Obrázok 11: Lisovanie kyvety

Následne obe polovice kyvety som spojila a zalisovala v laboratórnom lise. Po krátkej chvíli som kyvetu z lisu vybrala a vložila do polymerátora s destilovanou studenou vodou. Polotovar v ňom tvrdol pri vysokom tlaku a teplote. Prebehla tam polymerizácia v predpísanom režime. Konkrétne pri 93 °C, tlaku 0,6 MPa a dobe polymerizácie 15 až 25 min.[46]

### 14.1.4 Zhotovenie dúhovky

Počas toho ako bolo kyveta umiestnená v polymerátore a prebehla v ňom polymerizácia, začala som zhotovovať dúhovku. Maľovala som ju na predpripravenom plastovom disku z polypropylénu, ktorý mal hrúbku 0,25mm a priemer 10mm. Zhotovenú dúhovku som tak umiestnila do príslušného otvoru na polotovare, spolu so zrenicou, ktorá je u každého pacienta identická svojou čiernou farbou a šírkou.



Obrázok 14: Ručné farbenie dúhovky

Obrázok 13: Pripravená protéza na druhú polymerizáciu

### 14.1.5 Úprava polotovaru

Vybrala som kyvetu z polymerátora a nechala ju vychladieť po dobu 10min na teplotu maximálne 40°C, tak aby som s ňou mohla ručne narábať. Po vychladnutí, som kyvetu otvorila a vybrala z nej opatrne neopracovaný polotovar. Odliatok som postupne opracovala závesnou ručnou brúskou do požadovaného tvaru. Po kompletom vybrúsení celého povrchu polotovaru, som používala jemné vlásoknice červenej bavlny, ktoré som jemne zatlačila do povrchu hmoty. Tým som vytvorila efekt žiliek na povrchu skléry.



**Obrázok 15: Brúsenie polotovaru****Obrázok 16: Obrúsený polotovaru**

#### 14.1.6 Príprava druhej polymerizácie a polymerizácia

Po kompletnej príprave polotovaru som zahájila proces druhej polymerizácie pre ktorú bolo taktiež potrebné si pripraviť obe časti kyvety. Kyvetu som precízne očistila od zvyšných nečistôt a prebytočných častí sadry. V stanovenom objemovom pomere som rozmiešala superakryl, v pomere 3:1, 22g prášku a 10ml tekutiny Superakrylu (Spofadent, výrobca Spofa Dental a.s., Jičín, ČR). Vhodnú farbu som vybrala individuálne podľa pacienta aby sa zhodovala s farbou bielka jeho vlastného oka. Odtieň taktiež závisí od veku. U detí sa používajú svetlé a u starších pacientov zase tmavšie odtiene. Ja som pri výrobe tejto protézy využila svetlejší odtieň, keďže išlo o malého chlapca vo veku 13 rokov.

Namiešanú hmotu som nechala v uzatvorenej nádobke po dobe asi 12-16min pri teplote 23°C. Cesto bolo pripravené k spracovaniu v okamihu, keď sa stalo nelepivým. Interval plasticity je cca 10min pri teplote 23°C. Čo znamená, že bolo potrebné s materiálom pracovať pomerne rýchlo. [47]

Nelepivý materiál som vložila do kyvety a následne ju zalisovala pomocou manuálneho lisu. Zalisovanú kyvetu som preložila do polymerátora, kde pri vysokej teplote a tlaku prebehla polymerizácia. Kyvetu som ponorila do studenej destilovanej vody, ktorá sa temperovala do 70°C po dobu 30min. Táto teplota sa udržiavala ďalších 30min. Následne sa teplota zvýši na 100°C v priebehu 30min a udržiavala sa v polymerátore ďalších

30min. Celková doba polymerizácie bola 2 hodiny. Po skončení polymerizácie som vybrala kyvetu z polymerátora a nechala ju vychladnúť.



Obrázok 17: Ukážka kyvety pred druhou polymerizáciou

#### 14.1.7 Finálna úprava

Po vychladnutí som kyvetu opatrne otvorila aby som nijakými drsnými pohybmi nepoškodila jej obsah. Pomalým vypáčením obsahu, som oddelila protézu od zvyškovej sadry v kyvete. Následne som brúsila drsným kameňom brúsky prednú a zadnú plochu protézy aby som odstránila nečistoty a prebytočné časti. Opracovala som jej hranu a znova prebrúsila vrchnú a spodnú časť avšak jemnejším kameňom brúsky. Týmto spôsobom som docielia požadovaný tvar protézy.



Obrázok 18: Ukážka kyvety po druhej polymerizácii

Po kompletnom vybrúsení, som protézu leštila na hrubo v leštičke pomocou pemzy. Po opláchnutí protézy destilovanou vodou, som protézu leštila na vysoký lesk pomocou plavenej kriedy a textilným, jemným kotúčom, ktorým som doleštila posledné nedokonalosti. Povrch protézy by mal byť po preleštení hladký a priehľadný. Tak aby bolo vidieť všetky vsadené časti a aby protéza mala oblý tvar po celom jej povrchu.

Proces výroby som ukončila kontrolou jednotlivých detailov protézy. Zamerala som sa na priehľadnosť rohovky. Zrenicu, farbu a čistotou dúhovky. V neposlednej rade na kvalitu celého povrchu protézy. Po úspešnej kontrole som protézu opláchla čistou vodou a dezinfikovala ju dezinfekčným prostriedkom. Takto hotová protéza bola pripravená pre vydanie pacientovi, ktorému som protézu nasadila do očnej jamky a skontrolovala všetky potrebné parametre, ktoré musí protéza spĺňať. Z estetickej strany, aby bola farba identická s farbou zdravého oka. Aby nevypadávala z očnej jamky, nijakým spôsobom sa nevysúvala a neprimerane pacienta netlačila. Pokiaľ ide o prvonositeľa, je možné že na prvý kontakt s protézou bude reagovať negatívne a na cudzí objekt v oku si bude musieť zvyknúť.

Pacient pre ktorého som túto protézu vyrába nebol prvonositeľom a s finálnym výsledkom bol spokojný. Protéza ho netlačila a z estetického hľadiska sa maximálne priblížila farbe zdravého oka.



Obrázok 20: Leštenie protézy pomocou plavenej kriedy



Obrázok 19: Hotová akrylová protéza

## 14.2 Výroba akrylátových odliatkov

Pre svoju experimentálnu časť bakalárskej práce, som si určila 5 druhov materiálov, z ktorých som podľa presne určeného postupu vytvárala odliatky v špeciálne forme o rozmeroch podľa normy ťahovej skúšky. Výsledkom tejto experimentálnej časti bolo 6 odliatkov z každého typu materiálu, pre ťahové skúšky a základné štatistické vyhodnotenie pokusu. Prvé dva boli komerčne používané materiály. A to Superpont pre vlastnú matrice protézy a Superakryl pre jej výslednú povrchovú úpravu. Oba tieto materiály sú metakryláty najmä polymetylmetakrylátu a navzájom sa líšia svojou tuhosťou. K týmto komerčným materiálom sme zvolili 3 typy metakrylátov, prvý polymetylmetakrylát polymerizovaný z monoméru. Ďalej etylmetakrylát ktorý je veľmi podobný, svojím charakterom aj vlastnosťami ale líši sa najmä nižšou tenziou pár. Posledný bol etoxyethakrylát ktorý má výborné vlastnosti z hľadiska bio kompatibility, nie je nasiakavý vodou, ale aj v suchom stave je veľmi elastický. Porovnanie týchto materiálov z hľadiska mechanických vlastností diskutujem v ďalšej časti práce.

### 14.2.1 Vybavenie pre výrobu odliatkov

Časť výroby odliatkov z monomerov a komerčného materiálu Superpontu C+B, prebiehala v chemickom laboratóriu, AV ČR, v.v.i., Používala som príslušné ochranné prostriedky, plášť, gumené rukavice a ochranné okuliare.

V experimente prebehli dva druhy polymerizácie avšak vybavenie na výrobu zostalo skoro identické.

Pre výrobu odliatkov som používala:

**Semi-mikro laboratórnu váhu** značky Sartorius s presnosťou 0,01mg/ 10 µg a maximálnou váživosťou až 220 g.

**Magnetickú miešačku s ohrevom** značky IKA



Obrázok 21: Magnetická miešačka

**Mechanické pipety a špičky značky Sartorius [59]**

Duralovú formu na odliatky, ktorej súčasťou je silikónové tesnenie a chemické sklo.

**Salvis Lab Vacucenter VC 50** je presná vákuová sušiacia pec s maximálnym teplotným rozsahom +200 °C. Je vhodná pre látky tepelne nestabilné a citlivé na oxidáciu. Poskytuje presné tepelné podmienky v bezprašnej vákuovej atmosfére. Systém je možné regulovať v rozmedzí 0,1°C až do +200°C. Zaisťuje stabilné teplotné podmienky.[67]

**Repti Glo 10.0 15W 45cm**

Obrázok 22: UV trubica Repti Glo

Komerčné odliatky som pripravila v dielni pána Kalapoša. Kde som k výrobe použila:

**Hydropneumatiký polymerátor**, funguje na princípe tepelno- tlakovej polymerizácie. Ktorý okrem vodného polymerátora pracuje aj na báze tlaku. Tento typ polymerátora je vhodný k rýchlemu zpolymerovaniu výrobkov a to vďaka polymerácií tlakom, keďže sa pod ním teplota vody zvýši omnoho rýchlejšie. Taktiež sa počet vzduchových bublín eliminuje na minimum, čím sa dosiahne krásny, hladký povrch a zvýšenie kvality zpolymerovaného výrobku. Výrobky sa polymerujú na pare alebo vo vodnom kúpeli v 100-120st s tlakom 0,6MPa cca 15-30min. Programov na polymerovanie existuje viacero, závisia však od typu materiálu a požadovaného efektu. K prístroju je taktiež hadičkou zavedený kompresor, ktorý zabezpečuje zvyšovanie tlaku v hermeticky uzavretom polymerátore. Je dôležité sa ubezpečiť aby tlak

nikam neunikal. Najznámejšou hmotou ktorá sa dáva do prístroja na zpolymerovanie je voľne modelovateľná živica



Obrázok 23: Tepelno- tlakový polymerátor

**Závesná brúska** sa skladá z tenkého krytu, ktorý je vystužený polyamidovými vláknami, úchopovej časti, guľôčkového ložiska pre uloženie vretena. V prednej časti sa nachádza ohybný hriadeľ s rýchlopínacou hlavicou, ktorý umožňuje výmenu vrtákov viacerých hrúbok. [60]



Obrázok 24: Závesná brúska

Obrázok prevzatý z: PROXXON | Multibrúska a vrtáčka Proxxon MICROMOT 230/E 28440 | CEZEMA Eshop. *CEZEMA Eshop* [60]

### 14.2.2 Výroba odliatkov pomocou tepelno- tlakovej polymerizácie

Pre tento typ výroby odliatkov, pomocou tepelno- tlakovej polymerizácie som použila prvé dva materiály, z ktorých sa v súčasnosti vyrábajú akrylátové očné protézy. Tými sú metylmetakrylová živica Superakryl a samo vytvrdzujúca akrylová živica Superpont.

Na začiatku výroby som si pripravila všetko potrebné náčinie a materiály s ktorými som pracovala. Prvé odliatky som pripravovala zo Superpontu, ktorý sa skladá z prášku a tekutiny. Najprv som si v stanovenom pomere 3:1, navážila na semi- mikro laboratórnej váhe 22g prášku do sklenenej banky. Zložený z 95% polymetylmakrylátu, <1%BPO, <5% pigmentu.



Obrázok 25: Superpont C+B, tekutina, prášok, sklenená banka a kovové miešadlo

Do naváženeho prášku som naliala 10ml tekutiny Superpontu C+B. Následne som si pomocou mechanickej pipety nabrala 10ml tekutiny Superpontu. Zloženú z 50% trietylenglykoldimetakrylátu a 50% metylmetakrylátu. TEGDMA je hydrofilný, nízkoviskózný, difunkčný metakrylový monomér používaný ako sieťovacie činidlo. [46], [61]



Obrázok 26: Váženie Superpontu

Tekutinu som naliala do banky s práškom a začala som zmes pomocou kovového miešadla miešať do spojenia oboch zložiek.

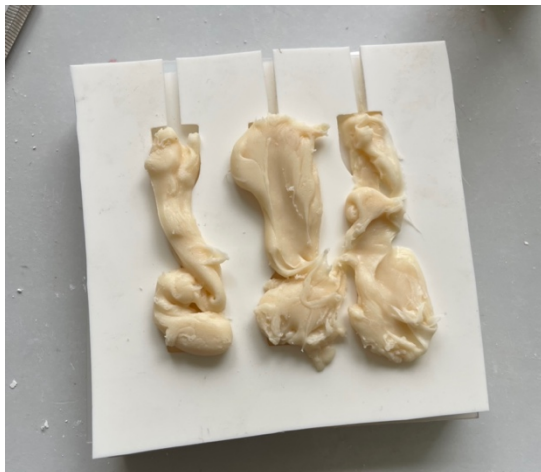
Doba miešania bola 1,5 minúty. Je potrebné aby sa obe časti dostatočne spojili a vytvorilo sa nelepivé, neschnúce cesto s ktorým som v ďalšej fáze ručne pracovala. Namiešanú hmotu som odstavila na 10min pri laboratórnej teplote aby sa stala nelepivou. Tento proces je možné urýchliť pomocou magnetickej miešačky s ohrevom.



**Obrázok 27: Zohrievanie materiálu a následné miesenie v rukách**

Po vypracovaní cesta som si pripravila štvorcovú formu, ktorá sa skladala z kovovej pevnej časti, dvoch teflonových podložiek, polypropylénových nelepivých podložiek a silikónového tesnenia s tromi otvormi v tvare skúšobných teliesok. Pripravenú nelepivú zmes som si rovnomerne rozložila do silikónovej časti formy a popritláčala do všetkých okrajov. Následne som priložila na vrch polypropylénovú podložku aby sa cesto neprilepilo o iné časti formy. Zatlačila som teflonovú podložku a pevne som celú formu utesnila pomocou kovových strmeňov. Po chvíli z formy vyšli časti prebytočného materiálu von. Formu som si očistila od prebytočného materiálu. Podľa tohto postupu som si pripravila aj ďalšie formy na odliatky. K experimentu som potrebovala 6 odliatkov z každého materiálu. Avšak, Superpont som odlievala do 4 foriem, keďže som využila dva spôsoby polymerizácie. Tepelno- tlakovú, kedy vzorky polymerovali v špeciálnom polymerátore. A tepelnú, pri ktorej vzorky polymerovali v sušičke.



**Obrázok 29: Plnenie silikónovej formy****Obrázok 28: Upevnená forma pomocou strmeňov**

Takto pripravené formy som vložila do tlakového polymerátora rozohriateho na 120st po dobu 30 min, kde prebehla tepelná polymerizácia. Po spolymerizovaní, som formy vybrala a nechala ich vychladnúť do momentu kedy s nimi bolo možné ručne narábať. Následne som formu otvorila a opatrne vybrala odliatky.

**Obrázok 30: Pripravené formy do polymerátora**

Pre tepelnú polymerizáciu som si pripravila rovnakým spôsobom 2 formy, ktoré som vložila do rozohriatej sušičky na 93st. a 30min. Zpolymerizované vzorky som si vytiahla vonku a nechala som ich vychladnúť do momentu aby s nimi bolo možné ručne narábať. Už na prvý pohľad bolo možné pozorovať, že materiál nebol tak pevný. Známkou mäkkosti alebo deformácie po stlačení značila, že polymerizácia neprebehla do úplného konca. V materiáli boli taktiež viditeľné malé bublinky, ktoré pravdepodobne spôsobil nedostatočný tlak počas polymerizácie.



Obrázok 31: Sušička s vloženými vzorkami

Odliatky pripravené v polymerátore som pripravila s vyšším obsahom pigmentu, aby som ich mohla farebne odlišiť. Tento odtieň som zvolila zámerne aby som farebne vedela odliatky od seba odlišiť. Stuhnuté odliatky bolo potrebné obrúsiť ručnou brúskou do požadovaného tvaru. Najprv som ich od seba oddelila, následne som pomocou malých otáčok jemne zahladila okraje a odstránila prebytočné časti.



Obrázok 32: Vzorky odliatkov pred a po brúsení

Druhým typom odliatkov boli vzorky zo Superakrylu. U tohto materiálu bolo taktiež potrebné aby prebehla tepelno-tlaková polymerizácia. Superakryl je dvojzložková metylmetakrylátová lejúca živica, ktorá samovoľne polymerizuje tzv. chemickou iniciáciou po zmiešaní tekutej a práškovej zložky. Postup výroby odliatkov bol takmer identický s výrobou vzoriek Superpontu. Jedinou odlišnosťou bola teplota pri ktorej odliatky polymerizovali v polymerátore. Najprv sa teplota temperovala do 70°C po dobu 30min. Táto teplota sa udržiavala ďalších 30min. Následne sa teplota zvýšila na 100°C v priebehu 30min a udržiavala sa v polymerátore ďalších 30min. Celková doba polymerizácie bola 2 hodiny. Vytvrdnutá hmota bola čirej farby. Preto sa pri výrobe akrylových očných protéz využíva ako simulácia rohovky.

### 14.2.3 Výroba odliatkov pomocou svetelnej UV polymerizácie

Pre druhý typ polymerizácie, pomocou UV žiarenia som použila vyššie uvedené 3 materiály z ktorých som si spravila odliatky. Použila som metylmetakrylát, ethylmetakrylát a ethoxyethylmetakrylát (všetky od výrobcu Sigma-Aldrich).

Najprv som si navážila polymerizačné zmesi na váhe Sartorius, zložené z príslušného monomeru do plastových liekoviek ktoré som si označila číslami. 1 metylmetakrylát, 2 ethylmetakrylát, 3 ethoxyethylmetakrylát. Do každej liekovky som pomocou pipety Sartorius nabrala 30ml monomeru, 0,15ml sieťovadla ethylenglykoldimetakrylátu a 0,15ml iniciátora 2-hydroxy-2-metylpropiophenonu (obe chemikálie firmy Sigma Aldrich). Iniciátor je citlivý na UV žiarenie, takže je potrebné ho pred ním chrániť aby nedošlo k predčasnej polymerizácii. Preto som si po navážení polymerizačných zmesí obalila liekovky do alobalu.



Obrázok 33: Ukážka použitých materiálov a vzoriek v alobale

Po pripravení liekoviek, som si nachystala formu v ktorej som odlievala vzorky. Tá sa skladala z kovovej základnej časti, skleneného štvorca, separačnej tedlarovej fólie, polypropylénovej kocky, polypropylénových doštičiek a silikónového tesnenia.

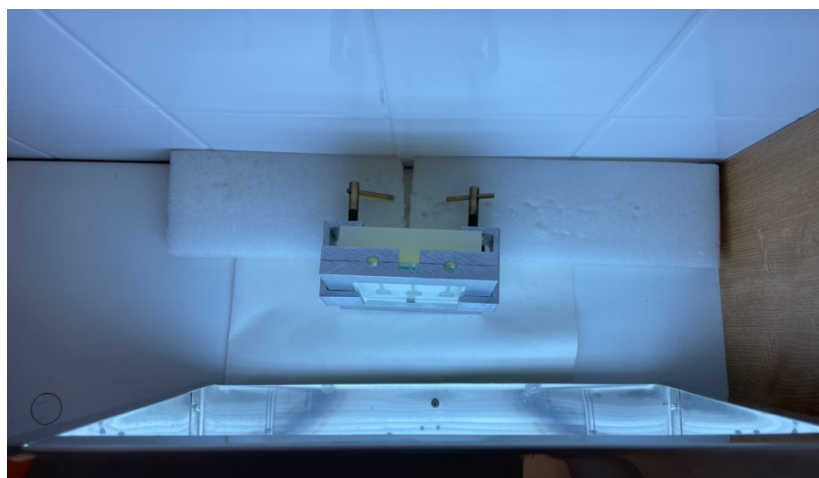


Obrázok 34: Aplikácia zmesi do formy pomocou injekčnej

Sklenený štvorec som umiestnila na spodnú časť do kovovej kostry. Priložila som naňho tedlarovú fóliu, z poly(vinylfluoridu), ktorá zabránila aby sa zmes neprilepila na sklo. Následne

som umiestnila polypropylénovú doštičku, silikónové tesnenie, znova prekryla polypropylénovú doštičku a pritlačila polypropylénovou kockou. Celú formu som utesnila pomocou strmeňov.

Takto uzatvorenú formu som postavila do zvislej polohy a do otvorov vo vrchnej časti som aplikovala injekčnú striekačku spolu s ihlou. Striekačku som mala naplnenú jedným typom zmesi a opatrne som vpustila do formy tekutinu. Tak aby nevznikali bubliny, aby som nepretrhla silikónové tesnenie a nevstriedla príliš veľa tekutiny ktorá by mohla z formy vytiecť. Do lôžka jedného skúšobného telieska sa zmestí presne 1,5ml zmesi. Z jedného typu zmesi som si takýmto spôsobom odliala 6 vzoriek. Musela som pracovať pomerne rýchlo keďže zmesi obsahujú iniciátor, ktorý je citlivý na svetlo a môže zahájiť proces polymerizácie.



**Obrázok 35: Ukážka zariadenia s UV trubicami Reptiglo**

Pripravenú formu som umiestnila 10cm od UV lampy. Spektrum vlnových dĺžok UV svetla použitých (Repti Glo 10,0) trubíc sú od leží v intervale 290-390nm. Proces polymerizácie trval 2h. Po vytvrdnutí vzoriek, som nechala formu vychladnúť a opatrne som z nej vybrala odliate vzorky, ktoré majú číre sfarbenie.

### **14.3 Porovnávanie mechanických vlastností odliatych vzoriek**

V tretej časti experimentu, som použila všetky odliate vzorky na zistenie ich mechanických vlastností. Následne som ich porovнала medzi sebou a vyhodnotila chovanie jednotlivých materiálov pri záťažovej skúške v ťahu.

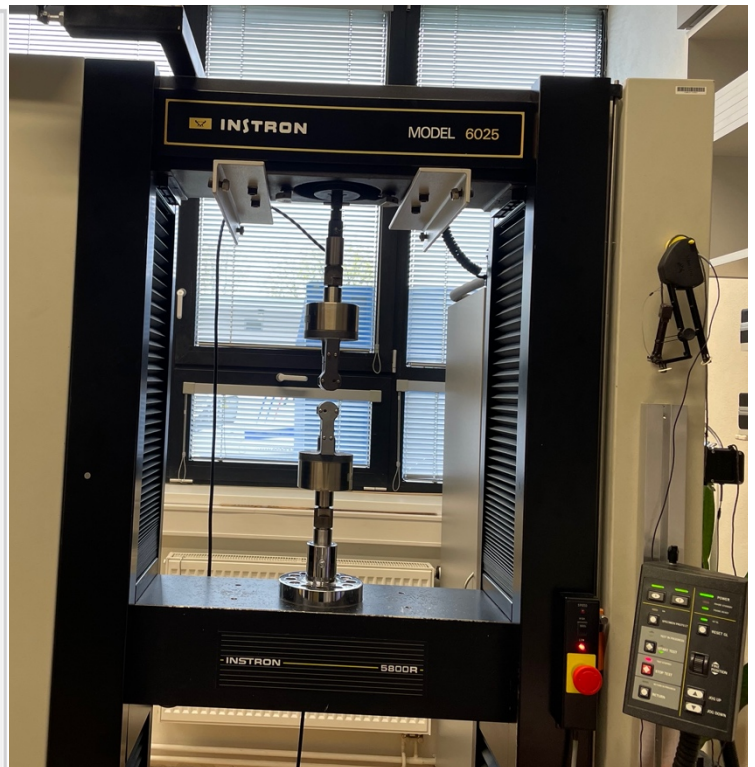
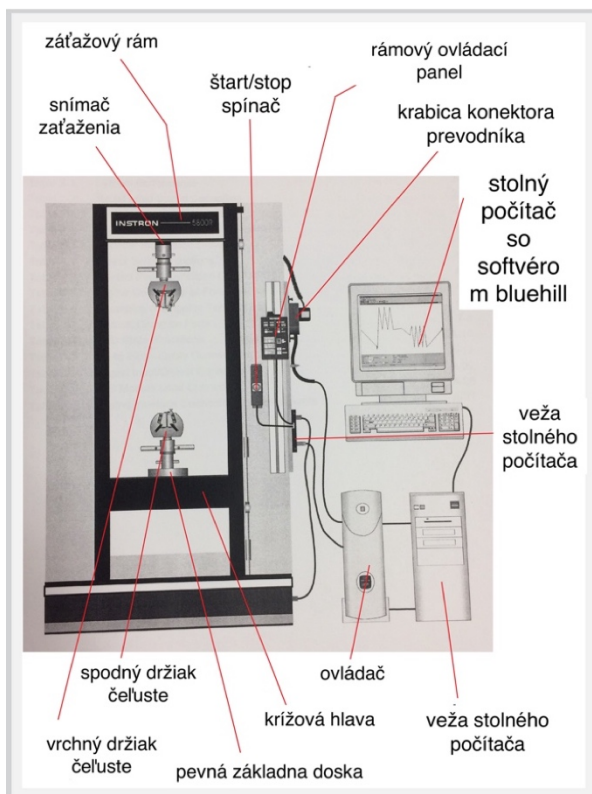
### 14.3.1 Potrebné vybavenie pre experiment

Posuvné meradlo značky Mitutoyo

Digitálny mikroskop AM4013MT so zväčšením 21-70x a rozlíšením 1,3 megapixel.[60]

Instron 5800R, model 6025, je samostatný, plne digitálny testovací systém. Používa motorový kódovač a silomer na zber údajov počas ťahových, tlakových a 3-bodových ohybových testov. V mojom experimente som na zbieranie údajov z vyrobených vzoriek využila len jednu funkciu prístroja a tou je ťahová skúška.

Prístroj je schopný zmerať pri ťahovej skúške absolútny vrchol, lokálne vrcholy, 9 typov modulov, 6 typov pretrhnutia, Poissonovu konštantu, kontrakciu a miesto pretrhnutia. Snímač zaťaženia je nainštalovaný v hornej časti rámu zaťaženia a vzorka materiálu je držaná na mieste vo veži Instron pomocou spodnej, vrchnej čeľuste a úchytovej. Po spustení testovacieho protokolu sa stredová krížová hlava bude pohybovať vertikálne, poháňaná veľkými vodiacimi skrutkami umiestnenými vo vnútri stĺpikov. Keď je prístroj spustený, nesmie sa ho nikto dotýkať. Rýchlosť, vzdialenosť a smer jazdy sú určené testovacím protokolom, ktorý operátor vopred naprogramoval.[62], [63]



**Obrázok 36: Čati prístroja Instron**

Obrázok prevzatý z: *Tufts Self-Serve Blogs and Websites* [62]

### 14.3.2 Podmienky experimentu

Meranie polymerných vzoriek prebiehalo v laboratóriu Ústavu makromolekulárnej chémie, za supervízie Ing. Hodana. Pri laboratórnej teplote. Rýchlosť merania bola 5mm/min. Na prístroji som použila snímač sily v rozsahu do 1KN.

### 14.3.3 Priebeh experimentu

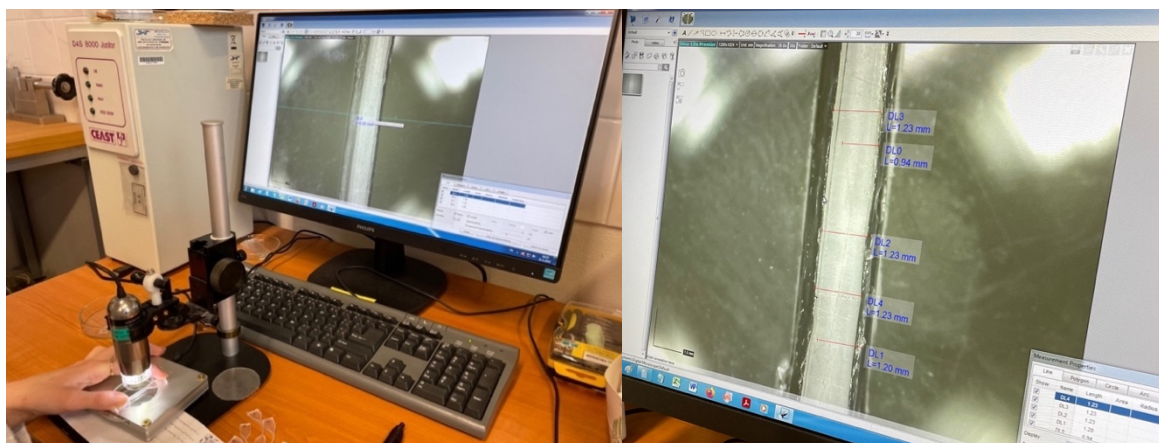
Zpolymerizované vzorky som si najprv rozdelila do 6 skupín podľa obsahu materiálu a spôsobu polymerizácie. K dispozícii som mala metylmetakrylát, ethylmetakrylát a ethoxyetyl metakrylát ktoré polymerovali pri UV žiarení. Superakryl a Superpont C+B, boli zpolymerované tlakovo- tepelnou polymerizáciou. Poslednú skupinu vzoriek som zhotovila taktiež zo Superpontu C+B avšak len pri tepelnej polymerizácii v sušičke.

Pripravené vzorky som si najprv označila číselne aby som ich v mnou určenom poradí mohla vkladať do prístroja na testovanie. Označenie bolo potrebné, pretože z parametrov (hrúbku a šírku) som následne vygenerovala lineárny graf, pri ktorom som musela dodržať postupnosť sekvenčne navyšovaných parametrov. Chyba pri zadávaní by následne spôsobila nezrovnalosti pri vyhodnocovaní dát.



Obrázok 37: Ukážka označených odliatkov

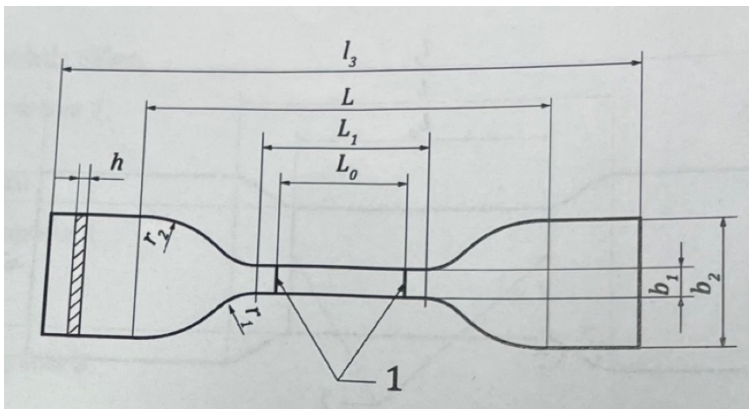
Parametre som merala pomocou posuvného meradla a na digitálnom mikroskope s podsvietením, pri 30x zväčšení.



Obrázok 38: Meranie parametrov odliatkov pomocou mikroskopu

Vzorky mali na rôznych miestach vo svojom strede, rozdielne hodnoty (parametrov). Preto som každý odliatok merala 4x z dvoch strán. Prednej a zadnej plochy. Namerané hodnoty sa mi ukázali na monitore, ktorý je pripojený k mikroskopu. Vďaka zabudovanému systému som si dokázala vypočítať priemerné hodnoty prednej a zadnej plochy odliatkov. Namerané hodnoty som následne prepísala do programu Instronu, kde boli požadované.

Tvary telies ktoré som odliala pomocou silikónovej formy (s hrúbkou v strednej časti 3mm), som zvolila podľa normy ISO 527-3, typ telesa číslo 5. Odliate telesá ktoré som vyrábala netlakovo, by mali mať veľké rozmerové zmrštenie, čo znamená že časom došlo k zmršteniu materiálu. To znamená že šírka stredy nemala presne 3mm ale pohybovali sme sa okolo 1,5- 2mm. U vzoriek ktoré polymerizovali za prítomnosti tlaku a teploty, vyšli rozmery presne podľa formy 3mm.



Obrázok 39: Ukážka rozmerov telesa podľa normy ISO 527-3

Legenda:

$L_0$  počiatočná meraná dĺžka 12,5mm

$L_1$  dĺžka úzkej paralelnej časti 16,5mm

$L$  počiatočná vzdialenosť 38-40mm

$l_3$  celková dĺžka 60mm

$h$  hrúbka <1mm

$b_1$  šírka úzkej paralelnej časti 3mm

$b_2$  šírka na koncoch 12,5mm

$r_1$  malý polomer 7mm

$r_2$  veľký polomer 12,5mm

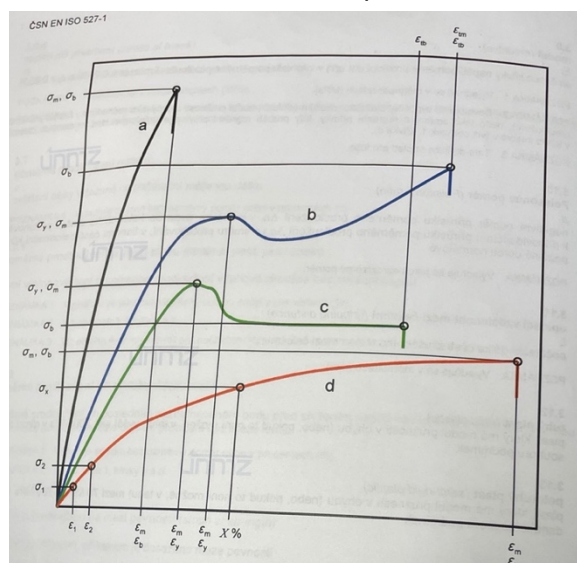
Po príprave všetkých odliatkov som pristúpila k meraniam. Na začiatku bolo potrebné, aby som v prístrojovom systéme nastavila rýchlosť merania, šírky a dĺžky jednotlivých odliatkov a parametre ktoré bude systém pri meraniach zaznamenávať. Systém z nich následne vygeneruje lineárny graf s požadovanými hodnotami. Z toho je následne potrebné odčítať mechanické vlastnosti odliatkov v ťahu. Konkrétne, modul pružnosti (Youngov modul), napätie pri pretrhnutí (pevnosť), predĺženie pri pretrhnutí (ťažnosť) a húževnatosť.

Podľa typu materiálu môžeme očakávať rozdielny priebeh krivky. Keďže sme pracovali s polymérmí, pre naše merania bude platiť krivka z grafu typu (d). Ťahová krivka vyjadruje závislosť napätia na deformácií. Na ose x sú zaznamenané hodnoty deformácie  $\varepsilon$  vyjadrené v %, ako relatívne predĺženie. Ide o pomer, kde  $l$  je definované ako dĺžka predĺženia a  $l_0$  ako pôvodná dĺžka materiálu. [64]

$$\varepsilon = \frac{l - l_0}{l_0} \cdot 100$$

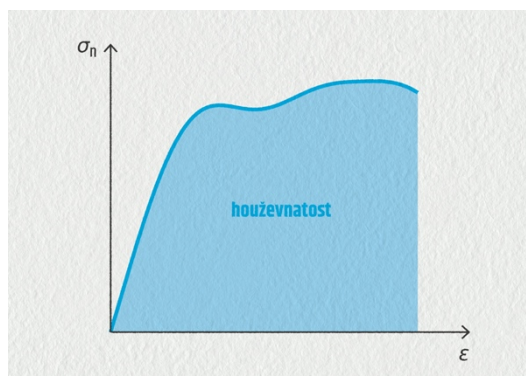
Na ose y je vyjadrené napätie  $\sigma$  v MPa, ktoré je dané silou pôsobiacou kolmo na odliatok. Vplyvom oddľujúcich sa čelustí sa odliatok naťahuje až do momentu, kedy dôjde k jeho pretrhnutiu. Tento moment nazývame bod pretrhnutia. Dĺžka krivky zodpovedá dĺžke ťahu materiálu pred pretrhnutím. Na krivke je možné definovať viacero oblastí. V počiatočnej priamkovej časti je vedená dotyčnica ku krivke, ktorá je vyjadrená ako smernica ťahovej krivky. Označujeme ju modul pružnosti v MPa. Ide o pomer napätia a deformácie.[63], [64]

$$E = \sigma / \varepsilon$$



Obrázok 40: Typické krivky polymérov pri deformácii v ťahu

Húževnatosť je schopnosť materiálu vyjadrujúca odolnosť materiálu pri ohybe a náraze proti porušeniu a vzniku trhlín. Polyméry majú malú húževnatosť, čo značí že sú schopné vydržať veľkú deformáciu materiálu no neunesú veľkú silu. Húževnatosť je vyjadrená obsahom plochy pod ťahovou krivkou.[65]

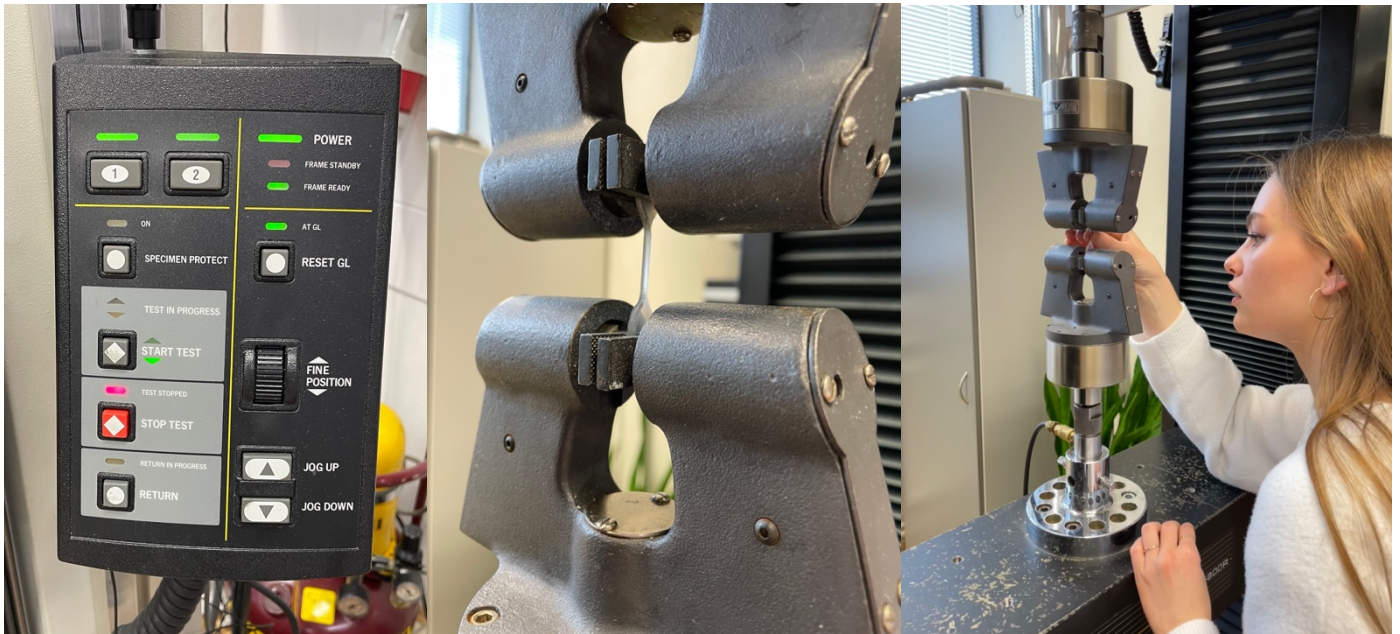


Obrázok 41: Typický graf húževnatosti

Obrázok prevzatý z: internetovej stránky <https://e-manuel.cz/kapitoly/moderni-materialy/vyklad/deformacni-krivka/> [65]



Pre zahájenie procesu merania som zapla vypínač Instronu Štart/Stop. Upínaciu vzdialenosť medzi čeľusťami som nastavila 35mm a pomocou pedálového tlačidla „Open“, som otvorila čeľuste pre uchopenie vzorky. Počas skúšky ťahom je vzorka materiálu v tvare psej kosti bezpečne držaná v čeľustiach horných a dolných klinových úchopov. Je potrebné sa uistiť, že vzorka je zarovnaná s vnútorným okrajom klinovej rukoväte. Pre uzatvorenie čeľustí som stlačila pedálové tlačidlo „Close“. Vzorka bola pripravená a bezpečne uložená v čeľustiach. Po stlačení tlačidla Štart som zahájila merania.[62]



**Obrázok 42: Ukážka ovládacej časti Instronu a vkladanie odliatku do Instronu**

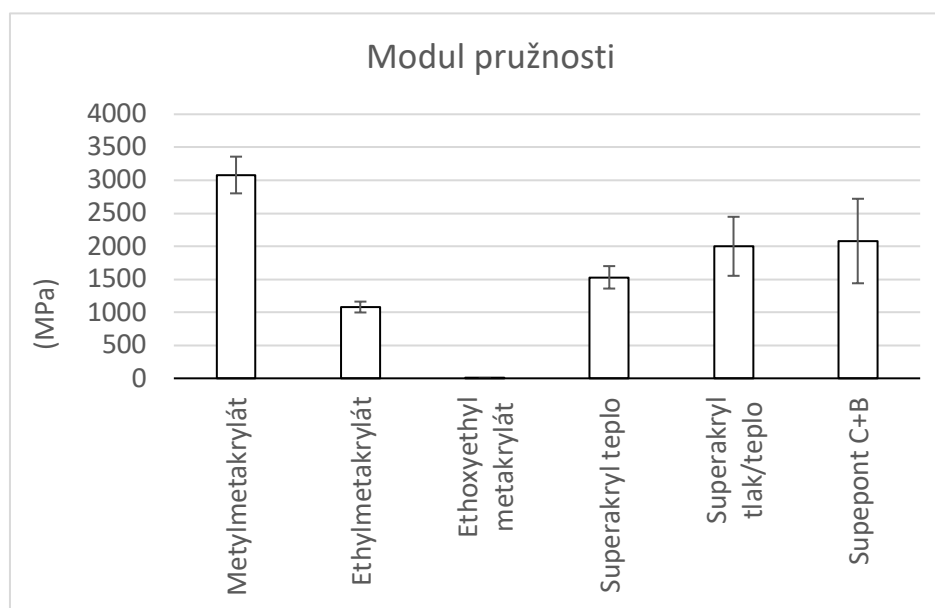
V štandardnej konfigurácii je horná rukoväť pripevnená k silomeru, zatiaľ čo spodná rukoväť je pripevnená k pevnej základnej doske krížovej hlavy. Krížová hlava sa pohybovala smerom nadol, zatiaľ čo horná rukoväť a snímač zaťaženia zostali nehybné. Meradlo extenzometra sa môže pripevniť na prierez vzorky materiálu, aby sa zaznamenalo presnejšie meranie deformácie. Vďaka tomuto mechanizmu sa vložený materiál natáhoval až do momentu pretrhnutia. Pokiaľ dôjde k pretrhnutiu, Instron meranie ukončí a hodnoty zaznamená do systému. Dáta preniesie do lineárneho grafu. Pokiaľ dôjde k chybe merania a prístroj sa pri pretrhnutí materiálu sám nezastaví, je potrebné stlačiť tlačidlo Stop test, pre ukončenie merania.[62]

## 15. Vyhodnotenie výsledkov experimentálnej časti

Tabuľka 2: Tabuľka nameraných hodnôt

Materiál	Youngov modul E [MPa]	Pevnosť $\sigma$ [MPa]	Predĺženie pri pretrhnutí $\epsilon$ [%]	Húževnatosť U [mJ/mm <sup>3</sup> ]
Methyl metakrylát	3100	51	3	1,13
Ethylmetakrylát	1100	14	14	2,09
Ethoxyethyl metakrylát	3	1,4	105	0,93
Superakryl (teplo)	1500	20	2	0,25
Superakryl (tlak/teplo)	2000	64	4	1,35
Supepont C+B (tlak/teplo)	2100	51	3	0,97

Z mnohých nameraných parametrov, som vybrala hodnoty Youngovho modulu, pevnosti, húževnatosti a ťažnosti. Ich priemerné hodnoty z prístroja, štatisticky vyhodnotených meraní, ktoré sú zosumarizované v tabuľke v prílohe



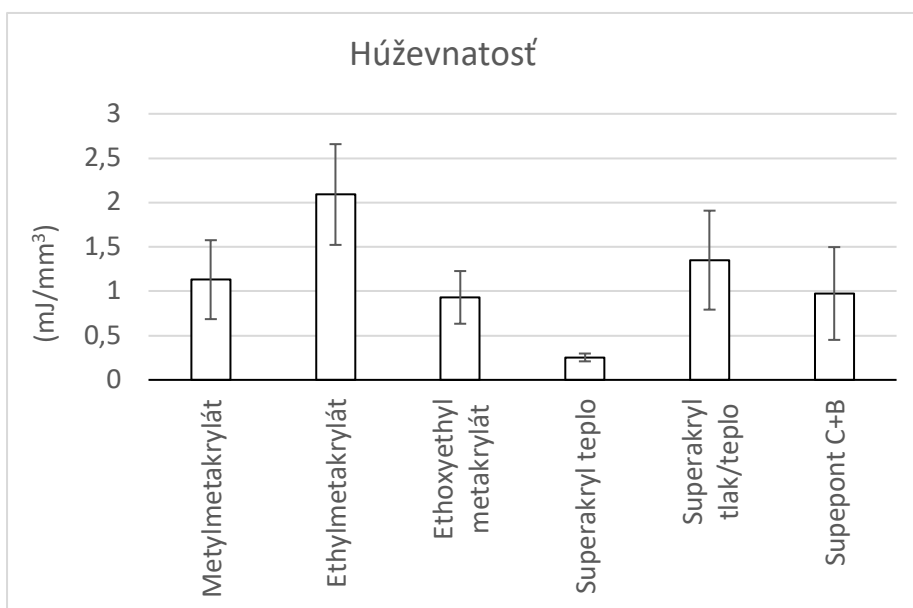
Graf 1: Modul pružnosti

V grafe je možné pozorovať výsledky merania modulu pružnosti. Hodnoty sa pohybujú v rozmedzí 3- 3100MPa. Najvyššiu hodnotu dosahuje metylmetakrylát, 3100MPa, čo značí, že materiál je zo skúmaných materiálov najpevnejší. Superpont spolu so Superakrylom, ktorý sa polymeroval v polymerátore, majú veľmi podobné hodnoty čo značí, že tuhosť materiálu je skoro identická. Preto sa obe tieto materiály používajú pre výrobu akrylovej protézy a polymerujú za identických podmienok.

Modul môže s narastajúcou teplotou klesať, preto je potrebné aby sa k jednotke udávala aj hodnota teploty. Odliatky som merala pri laboratórnej teplote (23°C), čo znamená že všetky odliatky mali rovnaké podmienky a odlišné hodnoty nemajú s týmto parametrom súvis. Čím

vyšší je modul pružnosti tým dochádza k menšiemu predĺženiu materiálu a tým je materiál viac tuhý. Na základe toho môžem vyhodnotiť, že materiály ktoré mali vysoký modul pružnosti, preukazovali známky vysokej pevnosti. Ethoxyethyl metakrylát mal spomedzi všetkých vzoriek najnižší modul pružnosti 3MPa, čo bolo viditeľné už na prvý pohľad a dotyk. Odliatok bol mäkký a nedržal správny tvar.[64], [65]

Na základe tohto grafu môžem vyhodnotiť že materiály ako je PMMA, Superpont C+B a Superakryl sú najvhodnejšie pre výrobu očnej protézy, keďže dôležitým kritériom je aby materiál po vytvorení odliatku oka držal svoj tvar. Bol pevný a nedeformoval sa po vytuhnutí. Deformácia materiálu by mohla spôsobiť poškodenie očnej jamky a protéza by z nej mohla vypadávať.

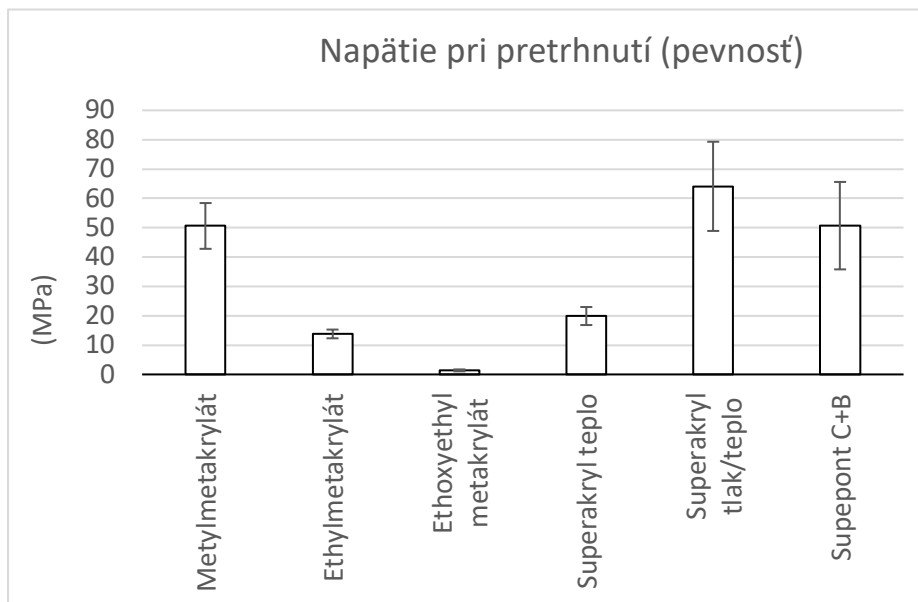


**Graf 2: Húževnatost'**

Ďalší parameter, na základe ktorého som porovnávala výsledky jednotlivých odliatkov, je húževnatost' materiálu. Tá nám vyjadruje do akej miery je materiál odolný voči vonkajším nárazom, či ohybe daného materiálu, bez známok poškodenia a vzniku trhlín. Z grafu je možné vyčítať, že najvyššiu húževnatost' dosiahol ethylmetakrylát 2,09kJ/mm<sup>3</sup>. To značí, že ak by som vyrábala z tohto materiálu očnú protézu, bola by vysoko odolná voči nárazom a poškodeniu. Vhodná pre deti a pacientov, ktorí by materiál vystavovali vyššiemu riziku nárazov. V porovnaní s ostatnými skúmanými materiálmi, superakryl, ktorý som polymerovala v sušičke len za prítomnosti tepla dosiahol z uvedených vzoriek najnižšiu hodnotu, 0,25kJ/mm<sup>3</sup>. Čo značí, že materiál je krehký. Dôvodom mohol byť vysoký počet viditeľných bublín nachádzajúcich sa v materiáli. Keďže odliatok nebol polymerizovaný aj za tlaku,

materiál bol mäkkší, tým pádom náchylnejší k rýchlejšiemu pretrhnutiu. V porovnaní so superakrylom ktorý som polymerizovala v polymerátore, bol rozdiel násobne väčší.

Na základe tohto pozorovania môžem skonštatovať, že Superakryl je vhodné polymerovať nie len za vysokej teploty ale aj tlaku.



**Graf 3: Napätie pri pretrhnutí**

Z grafu je možné vyčítať, že Superakryl, za prítomnosti tepla a tlaku, dosiahol najvyššiu pevnosť. Skúška prebiehala v ťahu. Materiály pri tomto type testu dosiahli svoje najväčšie možné napätie, bez toho aby sa porušili. To značí, že oba materiály ktoré sa používajú pre výrobu protéz, Superakryl a Superpont, polymerujúce v polymerátore, dosiahli vysokú pevnosť, 64 a 51MPa. Spolu s metylmetakrylátom ktorý mal podobné hodnoty ako superpont, 51MPa, ich môžeme považovať za pevné materiály. [66]

## 16. Diskusia

Cieľom experimentálnej časti bakalárskej práce bolo jednak pripraviť vlastnoručne konkrétnu očnú protézu a detailne postup výroby popísať, jednak porovnať mechanické vlastnosti vybraných polymérov. Diskutovať ich vlastnosti a vyhodnotiť, ktorý materiál je najvhodnejší pre výrobu očnej protézy, z hľadiska pružnosti, pevnosti a húževnatosti materiálu.

Najskôr je potrebné pripomenúť, že komerčné materiály, ktoré sú v súčasnosti v očnej protetike používané, t.j. Superakryl a Superpont C+B, spĺňajú parametre, ktoré by protéza mala dosahovať. Ľahko sa s nimi narába a výrobky z nich zhotovené majú dostatočnú reprodukovateľnosť. Superakryl, ktorý sa používa na finálnu úpravu protézy je o niečo tvrdší ako Superpont C+B, najmä v dôsledku vyššej hustoty siete (vyššia koncentrácia metakrylátových diesterov v receptúre). Oba tieto materiály sú založené na zmesi polyméru a prepolymeru metylmetakrylátu, môžu vytvrdnúť samé pri laboratórnej teplote, ale lepšie výsledky je možné dosiahnuť ich vytvrdením za zvýšenej teploty alebo aj v kombinácii so zvýšeným tlakom. K tomu už musí byť použité ďalšie špeciálne vybavenie protetickej dielne. Oba uvedené komerčné materiály sú dlhodobo overené z hľadiska ich kompatibility so živým tkanivom (bežne sa okrem očnej protetiky používajú v zubnom lekárstve, pre ktoré boli vyvinuté a testované). Tým je ich zloženie dané a nemenné. Ak by sme však chceli testovanie materiálov rozšíriť o nové poznatky, musíme vyjsť z polymerizácie z pôvodných monomérov a sieťovadiel, najčastejšie za podmienok radikálovej polymerizácie, ktorá je z hľadiska výrobných nákladov a prostriedkov najjednoduchšia. Potom by sme mohli jemným ladením jednotlivých zložiek polymerizačnej zmesi relatívne citlivo nastavovať výsledné vlastnosti produktu. Príprava väčšieho množstva takých vzoriek, premeranie ich vlastností a interpretácia získaných dát by však svojím objemom významne prekročila možnosti (časové i objemové) bakalárskej práce.

Preto som sa zamerala na porovnanie iba niekoľkých základných materiálov, príbuzných svojou chemickou podstatou materiálom komerčným. Ako som už uviedla, oba komerčné materiály sú akryláty, pri detailnejšom pohľade môžeme povedať methakryláty, alebo ešte presnejšie oba sú odvodené od metylmetakrylátu. Tento polymér, teda polymethylmetakrylát môžeme pripraviť radikálovou polymerizáciou s určitým množstvom sieťujúcich činidiel, s výhodou s etyléndimetakrylátom. Preto ako prvý porovnávací polymér bol zvolený riedko sieťovaný PMMA. Monoméry metylmetakrylát má pomerne vysokú tenziu pár už pri laboratórnej teplote. Z tohto dôvodu býva v bezvodých methakrylátových polyméroch často nahrádzaný etylmetakrylátom, ktorého tenzia pár je za rovnakých podmienok významne nižšia. Z hľadiska

tvorby hlavného reťazca je štruktúra rovnaká ako v predchádzajúcom prípade, iba v esterovom zvyšku je miesto metylovej skupiny  $\text{CH}_3$ - zakomponovaná etylová skupina  $\text{CH}_3\text{CH}_2$ -. Druhým porovnávacím materiálom bol teda poly(etylnetakrylát). Obdobnú štruktúru hlavného reťazca má aj tretí zvolený materiál, a to etoxyetylnetakrylát, ktorý má v esterovom zvyšku visiacu skupinu  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_2$ -ta, vďaka etericky viazanému atómu kyslíka, je ohybná a celý materiál je významne pružnejší. Už pri jeho voľbe bolo teda zrejmé, že sa nebude svojimi hodnotami mechanických vlastností podobať komerčným materiálom, ale mohol by, pokiaľ by bolo potrebné, byť použitý na výrobu väčších prechodových častí protetických výrobkov. Dôležitým je aj ten fakt, že ako PMMA, tak aj etoxyetylnetakrylát sú známe z iných bio-medicinálnych aplikácií ako biokompatibilné polyméry [67], takže ich použitie v očnej protetike je z tohto uhla pohľadu v úplnom poriadku.

Z nameraných hodnôt a zostavených grafov, môžeme skonštatovať, že materiály ktoré sa v súčasnosti používajú na výrobu očných protéz t.j. Superakryl a Superpont C+B, spĺňajú parametre ktoré by protéza mala dosahovať. Obidva vzorky dosiahli najvyššiu pevnosť a vysoký modul pružnosti. To značí, že materiál je dostatočne pevný pre umiestnenie do orbity. Ak by materiál dosahoval nízku pevnosť ako etoxyethyl metakrylát, materiál by bol pružný a mohlo by dôjsť k rýchlej deformácii protézy a jej následnému vysunutiu z orbity. Materiály dosiahli taktiež vysokú húževnatosť, čo značí, že sú odolné voči vonkajším nárazom a deformáciám. Z experimentu môžeme skonštatovať, že materiály ktoré sa v súčasnej dobe využívajú pre výrobu očnej akrylovej protézy sú na základe ich mechanických vlastností vhodné pre výrobu. Dôležitým parametrom pri výrobe, je teplo a tlak, ktoré ovplyvňujú výsledné mechanické vlastnosti. Ich hodnota, dĺžka pôsobenia alebo absencia výrazne ovplyvňujú chovanie materiálu po finálnej polymerizácii. Polymerizácia Superpontu C+B bez pôsobenia tlaku zapríčinila vytvorenie bublín v materiáli. Tým sa zmenila húževnatosť a pevnosť materiálu. Štruktúru vzoriek a tým aj výsledné mechanické vlastnosti mohli taktiež ovplyvniť výpary z odliatok po polymerizácii. Vzorky z metylmetakrylátu, ethylmetakrylátu a etoxyethylmetakrylátu boli po vysušení uskladnené do jednej nádoby, do spoločného exikátoru. Výsledky niektorých experimentov s komerčnými materiálmi mohla do istej miery ovplyvniť aj hustota zmesi počas prípravy odliatok. Aj keď som od výrobcu predpísaných pomerov zložiek, mohlo dôjsť primiešaniu väčšieho množstva tekutej alebo práškovej formy materiálu, alebo väčšieho množstva pigmentu pri dofarbení zmesi.

Z grafov prezentovaných v rámci výsledkov jasne vyplýva, že z hľadiska modulu pružnosti dosahujú komerčné materiály pripravené predpísaným spôsobom, teda za vyššej teploty a tlaku, prakticky rovnaké hodnoty okolo 2000 MPa. Superakryl pripravený iba za zvýšenej teploty dosahuje nižšie hodnoty modulu pružnosti, okolo 1500 MPa. Pri voľnej radikálovej

polymerizácii metylmetakrylátu sa dosiahli najvyššie hodnoty modulu pružnosti, a to 3000 MPa. Nižšie hodnoty modulu boli stanovené pre etylmetakrylát, 1100MPa. Etoxyetylmetakrylát je potom hodnotou modulu 3MPa o 3 rády nižšie, na úrovni mäkkých materiálov.

Čo sa týka pevnosti, najvyššiu hodnotu (64 MPa) má superakryl pripravený za predpísaných podmienok. Superpont a riedko sieťovaný PMMA majú rovnaké hodnoty pevnosti, a to 51 MPa, etylmetakrylát 14 MPa a etoxyetylmetakrylát, opäť na úrovni mäkkých materiálov, 1.4 MPa. Superakryl pripravený iba za pôsobenia zvýšenej teploty má v porovnaní so vzorkami z toho istého materiálu pripravenými aj za pôsobenia tlaku zhruba tretinovú pevnosť, a síce okolo 20 MPa. Ťažnosti všetkých materiálov sú na nízkej úrovni, pohybujú sa medzi 2-4 percentami. Iba etylmetakrylát má ťažnosť o rád vyššiu, 14% a podľa predpokladu, pružný etoxyetylmetakrylát má ťažnosť okolo 100%. Zaujímavý je prehľad hodnôt húževnatosti, ktorý ukazuje, že všetky použité materiály sú dostatočne húževnaté na dané použitie. Najvyššiu hodnotu húževnatosti má etylmetakrylát, nasleduje Superakryl pripravený za zvýšenej teploty a tlaku, na zhruba rovnakej úrovni majú hodnoty húževnatosti Superpont, metylmetakrylát a etoxyetylmetakrylát, významne nižšiu hodnotu potom vykazuje superakryl pripravený bez tlakového pôsobenia.

Všeobecne možno teda konštatovať, že dentálne komerčné materiály spracované odporúčanými a v očnej protetike zavedenými spôsobmi, zostávajú pre danú aplikáciu najvhodnejšou alternatívou. Podarilo sa však preukázať, že v prípade potreby by rovnocennou náhradou mohli byť odliatky pripravené radikálovou polymerizáciou metylmetakrylátu s nízkym obsahom (0,5 – 1%) sieťovacieho činidla etyléndimetakrylátu. Monomer etylmetakrylát môže byť ďalším možným variantom, avšak v tomto prípade by ešte bolo nutné testovať potrebný obsah sieťovadla na dosiahnutie vyšších hodnôt pevnosti a modulu pružnosti. Úplne podľa predpokladov sa podarilo ukázať, že etoxyetylmetakrylát, hoci sám o sebe nie je pre akrylové očné protézy tak ako ich poznáme vhodný, zostáva v protetike alternatívnym monomérom pre mäkké výplne alebo prípadné pomocné mäkké súčasti tvrdých protéz.

## 17. Záver

Vo svojej práci som sa venovala problematike výroby očných protéz z akrylátov. Keďže sa odboru venovali členovia mojej rodiny, rozhodla som sa po absolútoriu v práci pokračovať a nasledovať rodinnú tradíciu.

Mojou úlohou bolo rozšíriť informovanosť odbornej verejnosti o odbore očnej protetiky. Priblížiť skutočnosť, čím všetkým predchádza pacient pred príchodom k očnému protetikovi, od chirurgického zákroku, cez psychické vyrovnávanie sa s realitou. Ďalej poukázať na nutnosť osvojenia si manipulácie s očnou protézou, jej aplikácie aj dôkladnej starostlivosti o ňu. Zhodnotiť vhodný výber protézy na základe individuálnych parametrov, požiadaviek a zdravotného stavu pacienta. Týchto úloh som sa zhostila v teoretickej časti mojej bakalárskej práce. V praktickej som detailne zdokumentovala proces výroby očnej akrylovej protézy, a to pre konkrétneho pacienta. V ďalšej časti experimentálnych kapitol práce som pripravila vzorky 5 druhov akrylátov, z toho 2 komerčných, pre porovnanie a zhodnotenie ich mechanických vlastností. Potvrdila som, že komerčné materiály spracované odporúčanými spôsobmi, sa doposiaľ v príprave očných akrylových protéz javia ako najvhodnejšou alternatívou. Zároveň sa však podarilo preukázať, že v prípade potreby by rovnocennou náhradou mohli byť odliatky pripravené radikálovou polymerizáciou metylmetakrylátu.

Nazdávam sa, že vytýčené ciele mojej práce boli dosiahnuté a dúfam, že práca samotná sa stane drobným príspevkom k slovenskej a českej literatúre, v odbore očnej protetiky, nedostatočne zastúpenej.



## Zoznam tabuliek

Tabuľka 1: Klasifikácia orbitálnych implantátov .....	13
Tabuľka 2: Tabuľka nameraných hodnôt .....	49

## Zoznam grafov

Graf 1: Modulu pružnosti .....	49
Graf 2: Húževnatosi .....	50
Graf 3: Napätie pri pretrhnutí .....	51

## Zoznam symbolov a skratiek

Zkratka	Význam
PMMA	Polymethyl metakrylát
ÚMCH AV ČR, v.v.i.,	Ústav Makromolekulární chémie Akedemie věd ČR, veřejná výskumní instituce

## Zoznam obrázkov

Obrázok 1: a) Aplikácia epinefrínu subkonjunktívne, b) Peritómia .....	5
Obrázok 2: a) Vytiahnutie bulbu z očnej jamky, b) uvoľnenie priestoru pre implantát c) Vkládanie implantátu, d) vložený implantát .....	6
Obrázok 3: Finálny stav po operácií .....	7
Obrázok 4: a) Odhalenie bulbu rozvieračom, b) Peritómia c) Vkládanie SIZERU, d) Aplikácia implantátu .....	8
Obrázok 5: Stav spojovky po operácií .....	9
Obrázok 6: Postup exenterácie .....	10
Obrázok 7: Prikklady materiálov orbitálnych implantátov: a) Hydroxyapatite, b) Silikón, c) PMMA, d) Alumínium oxide, e) Polyetylén, f) ALLEN PMMA .....	14
Obrázok 8: Ukážka vkladania očnej protézy .....	20
Obrázok 9: Potieranie kvety Isodentom .....	29
Obrázok 10: Ukážka kvety .....	29
Obrázok 11: Lisovanie kvety .....	30
Obrázok 12: Kvyeta naplnená Superpontom C+B .....	30
Obrázok 13: Pripravená protéza na druhú polymerizáciu .....	31
Obrázok 14: Ručné farbenie dúhovky .....	31
Obrázok 15: Brúsenie polotovaru .....	32
Obrázok 16: Obrúsený polotovar .....	32
Obrázok 17: Ukážka kvety pred druhou polymerizáciou .....	33
Obrázok 18: Ukážka kvety po druhej polymerizácii .....	33
Obrázok 19: Hotová akrylová protéza .....	34
Obrázok 20: Leštenie protézy pomocou plavenej kriedy .....	34
Obrázok 21: Magnetická miešačka .....	35
Obrázok 22: UV trubica Repti Glo .....	36
Obrázok 23: Tepelno- tlakový polymerátor .....	37
Obrázok 24: Závesná brúska .....	37
Obrázok 25: Superpont C+B, tekutina, prášok, sklenená banka a kovové miešadlo .....	38
Obrázok 26: Váženie Superpontu .....	38
Obrázok 27: Zohrievanie materiálu a následné miesenie v rukách .....	39
Obrázok 28: Upevnená forma pomocou strmeňov .....	40
Obrázok 29: Plnenie silikónovej formy .....	40
Obrázok 30: Pripravené formy do polymerátora .....	40
Obrázok 31: Sušička s vloženými vzorkami .....	41



Poukaz na okuliare a optickú pomôcku	
Zdravotná poisťovňa poistenca	Kód lekára <b>A 0118965</b>
Príezvisko a meno	Rodné číslo
Bydlisko	Dg.
Vzdialenosť zreníc: do diaľky ..... mm do blízka ..... mm	
Šošovka	Cylinder
sférické dioptrie	dioptria os
Prizma	dioptria báza
Nová pomôcka *) Výmena skiel *) Oprava *)	
U h r a d í	
pravé oko do diaľky ľavé oko	poisťovňa poistenec
pravé oko do blízka ľavé oko	euro cent euro cent
Kód	
Kód	
Rám:	
Kód	
Názov optickej pomôcky:	
Kód	Spolu
Schválil - dátum, pečiatka, podpis:	
Prijal dňa	Poradové číslo
Pripravil	Expedoval
Dátum exp.	

Poukaz platí 1 mesiac odo dňa vystavenia! \*) - nehodiace sa prečiarknite

**Poukaz na okuliare a optickú pomôcku**

**Vyhlasenie poistenca (zákonného zástupcu)**

Vyhlasujem miestoprisažne, že:  
a) pomôcku dostávam po prvý raz, \*)  
b) posledný raz som ju dostal .....

Som si vedomý, že nesprávne údaje sú trestné.

Dátum: ..... Podpis: .....

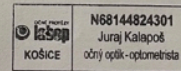
**Potvrdenie poistenca (zákonného zástupcu)**

Potvrdzujem týmto prevzatie:

- a) okuliarov, \*)
- b) skiel vymenených do vlastného rámu, \*)
- c) optickej pomôcky, \*)

Dátum: ..... Podpis: .....

Pečiatka očnej optiky vydávajúcej okuliare alebo optickú pomôcku:



Záznamy poisťovne:

Poukaz platí 1 mesiac odo dňa vystavenia! \*) - nehodiace sa prečiarknite

POUKAZ NA BRÝLE A OPTICKÉ POMŮCKY		P		L		poř. č.
Příjmení	Předpis	Sféra dioptrie	Cylinder	Prizma	Kód	Cena
Jméno	pravé oko	Do	Os	Do	Báza	
Číslo pojištěnce	DO DÁLKY					
Bydliště (adresa)	pravé oko					
	NA BLÍZKO (addice)					
	levé oko					
	levé oko					
	Jiná optická pomůcka:					
	Bifokální zatavené	Bifokální Franklin	Výkony			
			Obruba			
			Výměna skel			
			Tvrzení			
			Absorpční vrstva %			
			Celkem			
razítko zdrav. zařízení, jmenovka a podpis lékaře Dne:						
<b>Prohlašuji, že</b> a) brýle včetně obrub dostávám poprvé b) naposledy jsem dostal(a) brýle včetně obrub v roce ..... c) výměna skel naposledy v roce ..... d) naposledy jsem dostal(a) jinou optickou pomůcku: ..... v roce ..... ..... podpis		Místo pro záznamy zdravotní pojišťovny				
<b>Potvrzují, že mi byly vydány</b> a) celé brýle b) výměna skel do vlastní obruby c) jiná optická pomůcka: ..... Nehodící se škrtněte! Dne: ..... ..... podpis		Razítko oční optiky				

Príloha 3: Ukážka slovenského a českého receptu

## Zoznam použitej literatúry

- [1] Cicciú M., Fiorillo, L., De Stefano, R.: *Innovative Prosthetic Device: New Materials, Technologies and Patients' Quality of Life (QoL) Improvement*. MDPI, 2020. ISBN 9783039434527
- [2] Ocular Prosthetics, INC.: What is Most Noticed when Wearing a Prosthetic Eye? [online]. 2014 [cit. 2021-11-21]. Dostupné z: <https://ocularpro.com/what-is-most-noticed-when-wearing-an-artificial-eye/>
- [3] PINE, K.R., SLOAN, B.H., JACOBS, R.J., *Clinical ocular prosthetics*, ed. 1st, Springer, 2015, ISBN 978-3-319-19056-3
- [4] Avisar, I., Norris, J., Quinn, S. *et al.* Temporary cosmetic painted prostheses in anophthalmic surgery: an alternative to early postoperative clear conformers. *Eye* **25**, 1418–1422 (2011). <https://doi.org/10.1038/eye.2011.179>
- [5] Ocular Prosthetics INC.: Emotional Adjustments to Life with a Prosthetic Eye [online]. [cit. 2021-11-21]. Dostupné z: <https://ocularpro.com/emotional-adjustments-to-life-with-a-prosthetic-eye/>
- [6] *Enucleation* [online]. June 18, 2021 [cit. 2021-11-21]. Dostupné z: <https://eyewiki.aao.org/Enucleation>
- [7] The Choice of Enucleation Implant- American Academy of Ophthalmology. *Protecting Sight. Empowering Lives*. Dostupné z: <https://www.aao.org/current-insight/choice-of-enucleation-implant>
- [8] Daniel M. Albert, M.D., M.S., FACS a Mark J. Lucarelli, MD, FACS. *Clinical Atlas of Procedures in Ophthalmic and Oculofacial Surgery. : Enucleation. 2*. Oxford University Press, November 28, 2011, s. 870-900. ISBN 0195388615. SECTION 7 Oculofacial Plastic, Orbital, and Lacrimal Surgery.
- [9] Leon Rafailov Roger E. Turbin Paul D. Langer. *Oculofacial, Orbital, and Lacrimal Surgery*. 31 August 2019n. 1., s. 665-675.
- [10] Samjin Choi a Seung Jun Lee. *Ultrastructural Investigation of Intact Orbital Implant Surfaces Using Atomic Force Microscopy: SCANNING VOL. 33, 211–221*. Wiley Online Library: Wiley Periodicals, 2011. Dostupné z: [doi:10.1002/sca.20235](https://doi.org/10.1002/sca.20235)
- [11] PAVEL, KUCHYNKA. *Oční lékařství. 2*. Praha: Grada, 2016. ISBN 978-80-247-5079-8. Strany 580, 585, 591
- [12] *Endophthalmitis* [online]. , Jennifer Cao, MD a Sami Kamjoo, MD. October 25, 2021 [cit. 2021-11-21]. Dostupné z: <https://eyewiki.aao.org/Endophthalmitis#Definition>
- [13] Helen Merritt, MD. *Evisceration* [online]. September 1, 2021 [cit. 2021-11-21]. Dostupné z: [https://eyewiki.org/Evisceration#Surgical\\_Technique](https://eyewiki.org/Evisceration#Surgical_Technique)

- [14] Daniel M. Albert, M.D., M.S., FACS a Mark J. Lucarelli, MD, FACS. *Clinical Atlas of Procedures in Ophthalmic and Oculofacial Surgery. : Evisceration. 2.* Oxford University Press, November 28, 2011, s. 870-900. ISBN 0195388615. SECTION 7 Oculofacial Plastic, Orbital, and Lacrimal Surgery.
- [15] Asma Shaik a . *A Clinical Study on Outcome of Polymethyl Methacrylate Orbital Implant (Mules orbital implant) Following Evisceration.* Nellore, India, 23-DEC-2016n. l., 2 strany. Dostupné z: doi:<http://dx.doi.org/10.7869/djo.238>
- [16] Rafailov L., Turbin R.E., Langer P.D. (2019) Orbital Exenteration. In: Cohen A., Burkat C. (eds) *Oculofacial, Orbital, and Lacrimal Surgery.* Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-14092-2\\_60](https://doi.org/10.1007/978-3-030-14092-2_60)
- [17] *Exenteration* [online]. American Academy of ophthalmology, October 25, 2021 [cit. 2021-11-21]. Dostupné z: <https://eyewiki.aao.org/Exenteration>
- [18] Daniel M. Albert, M.D., M.S., FACS a Mark J. Lucarelli, MD, FACS. *Clinical Atlas of Procedures in Ophthalmic and Oculofacial Surgery. : Exenteration. 2.* Oxford University Press, November 28, 2011, s. 870-900. ISBN 0195388615. SECTION 7 Oculofacial Plastic, Orbital, and Lacrimal Surgery.
- [19] MOONEY, C., *Artificial Eyes*, ed. 1st, Norwood House Press, 2016, ISBN 978-1-59953-761-0
- [20] Orbital Implants and prosthesis: Ocularist perspective. , Essam A. El Toukhy. *Oculoplastic Surgery: A Practical Guide to Common Disorders.* Springer Nature, 2020, s. 565-566. ISBN 9783030369347.
- [21] Orbital Implants in the Management of Orbital Fractures - EyeWiki. Dostupné z: [https://eyewiki.org/Orbital\\_Implants\\_in\\_the\\_Management\\_of\\_Orbital\\_Fractures#Classification\\_of\\_orbital\\_.26\\_orbitofacial\\_fractures](https://eyewiki.org/Orbital_Implants_in_the_Management_of_Orbital_Fractures#Classification_of_orbital_.26_orbitofacial_fractures)
- [22] Types of Orbital Implant- WE C Hope. *World Eye Cancer Hope- life and sight for every child.* Dostupné z: <https://wechope.org/retinoblastoma/care/treatment/enucleation/types-of-implant/>
- [23] Orbital implant - All medical device manufacturers. *MedicalExpo - The B2B marketplace for medical equipment: medical material, medical imagery, hospital furniture, laboratory equipment, etc.* [online]. Copyright © 2021 [cit. 21.11.2021]. Dostupné z: <https://www.medicalexpo.com/medical-manufacturer/orbital-implant-30922.html>
- [24] Silicone Orbital Implants - FCI. *Access forbidden!* [online]. Copyright © 2021 FCI [cit. 21.11.2021]. Dostupné z: <https://www.fciworldwide.com/products/silicone-orbital-implants/>
- [25] Sivua ei löydy. *Iogen Oy | Premium-laatus – Premium-asenteella - Iogen Oy* [online]. Copyright © Iogen Oy [cit. 21.11.2021]. Dostupné z: <https://www.iogen.fi/wp-content/uploads/2015/02/oculfit-orbitaimplanti.pdf>
- [26] Eye Sphere PMMA 10 mm Sterile. *Akriti : Manufacturer & Exporter of Ophthalmic Equipments, Optical & Ophthalmic Instruments - Intraocular Lens, India* [online].

- Copyright Dostupné  
z: [http://www.akriti.co.in/index.php?route=product/product&product\\_id=252](http://www.akriti.co.in/index.php?route=product/product&product_id=252)
- [27] Allen Implant | Dalpasso protesi oculari. *DALPASSO Protesi Oculari – Milano – Roma – Reggio Emilia – Padova – Rimini – Firenze – Catania* [online]. Copyright © Dalpasso 2015 [cit. 21.11.2021]. Dostupné z: <https://www.dalpasso.it/en/info/implants/allen-implant/>
- [28] History of Artificial Eyes | Artificial Eye Clinic | *Michael O. Hughes, Ocularist* [online]. Copyright © 2015 [cit. 21.11.2021]. Dostupné z: <http://wordpress.artificialeyeclinic.com/history/>
- [29] DYER, N.A., The Artificial Eye, Australian Journal of Ophthalmology, ročník 8, číslo 4, 1980, pp. 325-327 s., DOI: 10.1111/j.1442-9071.1980.tb00293.x
- [30] *Felvidéki Ujság: Elso magyar emberi muszem késito*. Október 1908, 5 strana
- [31] BALÍK, J.; Holub, J. st.; Holub, J. ml. Oční protézy akrylové. *Technický sborník oční optiky*. Praha: SNTL, 1975, s. 389-392
- [32] Výrobci očních protéz v ČR a SR. *Život bez oka*- web o očních protézách. Dostupné z: <https://www.zivotbezoka.cz/vyrobci-protez/>
- [33] Petr Adamovský- skleněné oční protézy Jablonec nad Nisou Infoaktuálně.cz - katalog firem, počasí, zprávy, inzerce zdarma, nabídka práce, reklama, marketing. *Infoaktuálně.cz - katalog firem, počasí, zprávy, inzerce zdarma, nabídka práce, reklama, marketing*[online]. Copyright © 2021. [cit. 23.11.2021]. Dostupné z: <https://www.infoaktualne.cz/detail/43463/petr-adamovsky-sklenenene-ocni-protezy-jablonec-nad-nisou>
- [34] *Šťoviček/ Sklářská dílna* [online]. [cit. 2022-03-09]. Dostupné z: <http://www.foukanesklo.cz>
- [35] *Jiřina Hykmanová* [online]. [cit. 2022-03-09]. Dostupné z: <https://www.ocni-proteza.cz/kontakt>
- [36] *Ronald Szarvas* [online]. [cit. 2022-03-09]. Dostupné z: <https://www.ocni-protezy.cz>
- [37] Výroba | Optika Grueber. *Úvod | Optika Grueber* [online]. Dostupné z: <http://www.optika-opava.cz/ocni-protezy/vyroba>
- [38] Oční protézy Copyright © 2021 Michaela Švancarová [cit. 09.03.2022]. Dostupné z: <http://ocniprotezy.cz>
- [39] Matej Kalina. *U výrobcu náhradných očí: Milan Prieložný už viac ako 50 rokov pomáha ľuďom s dôstojnosťou* [online]. 2.4. 2019 [cit. 2021-11-23]. Dostupné z: <https://plus7dni.pluska.sk/veda-a-zdravie/u-vyrobcu-nahradnych-oci-milan-prielozny-viac-ako-50-rokov-pomaha-ludom-dostojnostou>
- [40] Kontakty firmy Mgr.Andrej Slaninka- Look Očná Optika Sabinov, - Evropská databanka.Copyright © Evropská databanka a.s. [cit. 09.03.2022]. Dostupné z:

<https://www.edb.cz/firma-1310184-mgr-andrej-slaninka-look-ocna-optika-sabinov/kontakt>

- [41] Juraj Kalapoš - LABOP - OČNÉ PROTÉZY, 040 01 Košice, 055 / 632 48... Azet.sk - vaše správy a informácie na jednom mieste [online]. Copyright © 2000 [cit. 09.03.2022]. Dostupné z: <https://www.azet.sk/firma/83783/juraj-kalapos-labop-ocne-protezy/>
- [42] Rob Piercy. *Ocular Prosthetics, INC.: Best Prosthetic Eye Fitting Methods* [online]. November 6th, 2018 [cit. 2021-12-05]. Dostupné z: <https://ocularpro.com/best-prosthetic-eye-fitting-methods/>
- [43] Avisar, I., Norris, J., Quinn, S. *et al.* Temporary cosmetic painted prostheses in anophthalmic surgery: an alternative to early postoperative clear conformers. *Eye* **25**, 1418–1422 (2011). <https://doi.org/10.1038/eye.2011.179>
- [44] Alabastrová sadra | SpofaDental. *Dental Supplies - Dental Products | SpofaDental* [online]. Copyright ©2021 Kerr Corporation [cit. 21.11.2021]. Dostupné z: <https://www.spofoadental.com/cs-cs/search/alabastrova%20sadra>
- [45] Isodent™ Izolační roztok | SpofaDental. *Dental Supplies - Dental Products | SpofaDental* [online]. Copyright ©2021 Kerr Corporation [cit. 21.11.2021]. Dostupné z: <https://www.spofoadental.com/cs-cs/modelove-formovaci-hmoty/isodent-doplnkove-materialy>
- [46] Superpont™ C+B Korunková a můstková pryskyřice pro tlakovou polymeraci | SpofaDental. *Dental Supplies - Dental Products | SpofaDental* [online]. Copyright ©2021 Kerr Corporation [cit. 21.11.2021]. Dostupné z: <https://www.spofoadental.com/cs-cs/dentalni-pryskyrice/superpont-cb-korunkove-mustkove-pryskyrice>
- [47] Superacryl™ Plus Teplem polymerující bazální pryskyřice | SpofaDental. *Dental Supplies - Dental Products | SpofaDental* [online]. Copyright ©2021 Kerr Corporation [cit. 21.11.2021]. Dostupné z: <https://www.spofoadental.com/cs-cs/dentalni-pryskyrice/superacryl-plus-bazalni-pryskyrice>
- [48] *Inserting and Removing a Prosthetic Eye* [online]. Ocular Prosthetics, 2019, , 1 [cit. 2021-11-21]. Dostupné z: <https://ocularpro.com/inserting-and-removing-a-prosthetic-eye/>
- [49] *La technique de traitement de la prothèse oculaire: L'insertion et l'éradication de la prothèse oculaire* [online]. [cit. 2021-11-21]. Dostupné z: [https://www.augenprothese.at/francais/f\\_text-traitement.htm#Tragedauer%20der%20Augenprothese](https://www.augenprothese.at/francais/f_text-traitement.htm#Tragedauer%20der%20Augenprothese)
- [50] NASAZENÍ A VYNĚTÍ OČNÍ PROTÉZY... [online]. [cit. 2021-11-21]. Dostupné z: [http://www.asprion.at/ocni\\_protezy/casto\\_kladene\\_dotazy.html](http://www.asprion.at/ocni_protezy/casto_kladene_dotazy.html)
- [51] *Ocular Prosthetics INC.: Cleaning and Storage of a Prosthetic Eye* [online]. 2013 [cit. 2021-11-21]. Dostupné z: <https://ocularpro.com/cleaning-and-storage-of-a-prosthetic-eye/>
- [52] ÚDRŽBA a ČASTO KLADENÉ OTÁZKY [online]. [cit. 2021-11-21]. Dostupné z: [http://www.asprion.at/ocni\\_protezy/casto\\_kladene\\_dotazy.html](http://www.asprion.at/ocni_protezy/casto_kladene_dotazy.html)

- [53] *Ocular Prosthetics INC.: What is a Scleral Cover Shell Ocular Prosthesis?* [online]. 2014 [cit. 2021-11-22]. Dostupné z: <https://ocularpro.com/what-is-a-scleral-cover-shell-ocular-prosthesis/>
- [54] Les types de protheses oculaires (oeil de verre). Cambrillat Ocularistes: fabrication de protheses oculaires. Dostupné z: <http://www.cambrillant-ocularistes.com/prothese-oculaire.php>
- [55] 455/1991 Sb. Živnostenský zákon. *Zákony pro lidi - Sbírka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění* [online]. Copyright © AION CS, s.r.o. 2010 [cit. 25.02.2022]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1991-455?text=očn%C3%AD%20protézy#prilohy>
- [56] DOSTÁLOVÁ, Taťjana. *Fixní a snímatelná protetika*. 1. vydání. Praha : Grada Publishing, a.s, 2004. 220 s. ISBN 80-247-0655-5
- [57] Korunkové pryskyřice - Protetická technologie - Zdravotnictví. Zdravotnictví - Vše co student potřebuje vědět [online]. Copyright © 2022. Všechna práva vyhrazena. [cit. 08.05.2022]. Dostupné z: <https://zdravotnictvi.studentske.cz/2010/10/13-korunkove-pryskyrice-proteticka.htm>
- [58] 89/2021 Sb. Zákon o zdravotnických prostředcích a o změně zákona č. 378/2007 Sb., o léčivech a o změnách některý... *Zákony pro lidi - Sbírka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění* [online]. Copyright © AION CS, s.r.o. 2010 [cit. 31.12.2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2021-89?text=recept%20na%20brýle%20a%20optickou%20pomůcku#cast6>
- [59] Pipetting | Electronic & Mechanical Ergonomic Pipettes | Sartorius. [online]. Copyright © 2022 Sartorius AG [cit. 29.04.2022]. Dostupné z: <https://www.sartorius.com/en/products/pipetting>
- [60] PROXXON | Multibrúska a vrtáčka Proxxon MICROMOT 230/E 28440 | CEZEMA Eshop. *CEZEMA Eshop* [online]. Dostupné z: <https://www.cezema.sk/Multibruska-a-vrtacka-Proxxon-MICROMOT-230-E-28440-d3918.htm>
- [61] Digitální mikroskop AM4013MT | Dinolite. *Dinolite* [online]. Copyright © 2022 [cit. 29.04.2022]. Dostupné z: <https://dinolite.cz/produkty/digitalni-mikroskopy-usb/digitalni-mikroskop-am4013mt/>
- [62] *tufts Self-Serve Blogs and Websites*. [online]. Dostupné z: <https://sites.tufts.edu/bray/instrumentation/instron-test-system/>
- [63] Mechanické vlastnosti polymerů – statické namáhání. [online]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/180/09.html>
- [64] Copyright © 2022 [cit. 29.04.2022]. Dostupné z: <https://e-manuel.cz/kapitoly/moderni-materialy/vykklad/deformacni-krivka/>
- [65] Bohumil Vybíral. *MECHANIKA PRUŽNÉHO TĚLESA*. 64. Dostupné z: [doi:http://fyzikalniolympiada.cz/texty/pruznost.pdf](http://fyzikalniolympiada.cz/texty/pruznost.pdf)



- [66] JAROŠ, Josef, VACHTL, Josef. *Strukturní geologie*. 1. vyd. Praha: Academia, 1992. 437 s. ISBN 80-200-0134-4
- [67] Lab VC50 Vacuum Oven - Riley Surface World & middot; PDF fileSalvis Lab VC50 Vacuum Oven The Salvis Lab Vacucenter VC 50 is a precision vacuum drying oven with a maximum temperature range. *Share and Discover Knowledge - DOKUMEN.TIPS* [online]. Dostupné z: <https://dokumen.tips/documents/lab-vc50-vacuum-oven-riley-surface-world-salvis-lab-vc50-vacuum-oven-the-salvis.html?page=1>
- [68] Michálek, J.: ústne informácie