



Bakalářská práce

Design zdravotnické pomůcky – Elektrolarynx Jordan

Design of Medical Device – Electolarynx Jordan

Autor: Ivelina Ivelinova Stefanova

Studijní program: Bc. – bakalářský studijní program

Studijní obor: B0212A310001 – Design

Vedoucí: MgA. Martin Tvarůžek

Praha, květen 2024

© Ivelina Ivelinova Stefanova

České vysoké učení technické v Praze, 2024

Klíčová slova: Design, průmyslový design, zdravotnické pomůcky, elektrolarynx, koncept, laryngektomie, redesign, larynx, prototyp

Key words: Design, industrial design, medical devices, electrolarynx, concept, laryngectomy, redesign, larynx, prototype

2/ ZADÁNÍ bakalářské práce

jméno a příjmení: Ivelina Ivelinova Stefanova

datum narození: 27.02.2002

akademický rok / semestr: 3. ročník/6. semestr

studijní program: Průmyslový design

ústav: Design

vedoucí bakalářské práce: MgA. Martin Tvarůžek

téma bakalářské práce: Elektrolarynx

viz přihláška na BP

zadání bakalářské práce:

1/ popis zadání projektu a očekávaného cíle řešení

Návrh elektrického generátoru zvuku pro lidi po laryngektomii. Design zaměřený na komfort pro uživatele při používání přístroje. Výsledný návrh by měl usnadnit a zpříjemnit použití přístroje nejen svým estetickým vzhledem.

2/ popis závěrečného výsledku, výstupy a měřítka zpracování

Výstupem bude 2x tištěná kniha, plakát ve stanovené velikosti, model v měřítku 1:1, portfolio v libovolném formátu, brožura, CD s elektronickými daty BP

3/ seznam případných dalších dohodnutých částí BP

Datum a podpis studenta 15.2.2024



Datum a podpis vedoucího BP 15.2.2024



registrováno studijním oddělením dne

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta architektury	
Autor: Ivelina Ivelinova Stefanova.....	
Akademický rok / semestr: 2024, 3. ročník/6.semestr.....	
Ústav číslo / název: 15150/Ústav designu	
Téma bakalářské práce – český název: Design zdravotnické pomůcky – Elektrolarynx Yordan.....	
Téma bakalářské práce – anglický název: Design of medical device – Electrolarynx Yordan	
Jazyk práce: český jazyk.....	
Vedoucí práce:	MgA. Martin Tvarůžek
Oponent práce: MUDr. Martin Kracík, primář ORL v Nemocnici Liberec.....
Klíčová slova (česká):	Design, Průmyslový design, zdravotnické pomůcky, elektrolarynx, koncept, laryngektomie, redesign,
Anotace (česká):	Návrh elektrického generátoru zvuku pro lidi po laryngektomii. Design zaměřený na komfort pro uživatele při používání přístroje. Výsledný návrh by měl usnadnit a zpříjemnit použití přístroje nejen svým estetickým vzhledem.
Anotace (anglická):	Design of an electric sound generator for people after laryngectomy. Design focused on user comfort when using the device. The resulting design should make it easier and make the use of the device more pleasant not only with its aesthetic appearance.

Prohlášení autora

Prohlašuji, že jsem předloženou bakalářskou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s „Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.“

V Praze dne 24. 5. 2024



Podpis autora bakalářské práce

Obsah

Úvod	9
1. Analytická část	11
1.1. Hlasové ústrojí	11
1.2. Průdušnice	11
1.3. Hrtan (larynx)	12
1.3.1. Nepárové chrupavky	12
1.3.2. Párové chrupavky	13
1.4. Hrtanové svalstvo	15
1.4.1. Fyziologický význam hrtanu	16
1.5. Hlasivky	17
1.5.1. Vznik hlasu	18
1.5.2. Základní tón	20
1.5.3. Rezonanční dutiny	20
1.5.4. Síla, výška a barva hlasu	21
1.5.5. Rozsah a poloha lidského hlasu	23
1.5.6. Neobvyklé způsoby tvoření hlasu	24
1.6. Příčiny ztráty hlasu	25
1.6.1. Poruchy hlasu	25
1.6.2. Organické poruchy hlasu	26
1.6.3. Poruchy hlasu u zánětlivých onemocnění hrtanu	26
1.6.4. Nádorová onemocnění hrtanu	28
1.6.5. Rakovina hrtanu	30
1.6.6. Příznaky onemocnění	30
1.6.7. Léčba nádorového onemocnění	31
1.7. Diagnostická vyšetření	34
1.7.1. Nepřímá laryngoskopie	34
1.7.2. Přímá laryngoskopie	34
1.7.3. Laryngostroboskopie	35
1.7.4. Funkčně – diagnostická vyšetření	35
1.7.5. Pneumografie	35
1.7.6. Pneumotachografie	36
1.7.7. Sonografická analýza	36
1.7.8. První umělé hrtany a rehabilitace	37
1.8. Rehabilitace hlasu po totální laryngektomii	38
1.8.1. Foniatrické metody	38
1.8.2. Jícnový hlas	39
1.8.3. Elektrolarynx	40
1.8.4. Chirurgicko-protetická metoda	42
1.8.5. Hrtanu podobné struktury	44
1.8.6. Transplantace hrtanu	45
1.8.7. Shrnutí	46

1.9.	Automatické rozpoznávání řeči	47
1.9.1.	Parametrizace řečového signálu	48
1.9.2.	Modelování produkce řeči	49
1.9.3.	Akustické modelování	49
1.9.4.	Vytvoření řečového korpusu EL promluv	50
1.9.5.	Poslechový test a porovnání výsledků člověka a stroje	51
1.9.6.	Izolovaná slova	51
1.10.	Jaká je kvalita života?	52
1.10.1.	Jak se kvalita života hodnotí?	52
1.10.2.	Voice Handicap Index	53
1.11.	Elektrolarynx – současná podoba	54
1.11.1.	Z čeho se skládá	54
1.11.2.	Oscilátory	54
1.11.3.	Rezonátory	54
1.1.1	Skici a výkresy současného elektrolarynxu [35]	55
1.12.	Syrinx	58
1.13.	Sluchátka – lineární posuv a skládací sluchátka	60
1.13.1.	Historie	60
1.14.	Design of Wearable Electrolarynx with Automatic Control	63
1.15.	Výstup analýzy a formulace vize	66
1.15.1.	Co bude celá bakalářská práce zahrnovat?	67
1.15.2.	Cíle nového designu elektrolarynxu	67
1.15.3.	Elektrolarynx – nová podoba	68
1.15.4.	Nabíjení	69
1.15.5.	Pouzdro	70
1.15.6.	Aplikace do mobilu (koncept)	71
2.	Proces navrhování	72
2.1.	Obrazová rešerše a inspirace tvary a dalšími přístroji	72
2.1.1.	Elektrolarynx	72
2.1.2.	Nabíjení	80
2.1.3.	Adaptér a kabel	83
2.1.4.	Pouzdro	85
2.2.	Návrhy a myšlenky	88
2.2.1.	Elektrolarynx (1.16.3.)	88
2.2.2.	Nabíjení (1.16.4.)	91
2.2.3.	Pouzdro (1.16.5.)	93
3.	Prototypování a testování	94
3.1.	Elektrolarynx – 3D modely	94
3.1.1.	Nabíjení	104
3.1.1.	Adaptér a kabel	111
3.1.2.	Pouzdro	112
3.1.3.	Elektrolarynx a stojan	118
3.2.	Testování a úprava dimenzí součástí	120

3.2.1.	Elektrolarynx	120
3.2.2.	Nabíjení	132
4.	<i>Výsledný návrh</i>	136
4.1.	3D vizualizace finálního návrhu	136
4.1.1.	Elektrolarynx	136
4.1.2.	Pouzdro	141
5.	<i>Technická dokumentace</i>	143
5.1.	Pohled elektrolarynxu s popisem (schématické rozměry)	143
5.2.	Pohled pouzdra s popisem rozměrů	146
6.	<i>Závěr a reflexe</i>	147
7.	<i>Zdroje</i>	149
7.1.	Seznam použité literatury	149
7.2.	Seznam použitých obrázků	155
7.3.	Seznam použitých tabulek	167

Poděkování

Chci poděkovat paní Mgr. Petře Adámkové za oponenturu a pomoc při psaní této práce, svým rodičům a příteli Václavu Hojsákovi za velkou podporu a pomoc i přes náročné okamžiky v mém studiu a profesním životě.

Úvod

V této bakalářské práci se věnuji zkoumání vnější a vnitřní konstrukce, vnitřní stavbě součástí a ergonomii historických a současných přístrojů a navrhování nového prototypu zdravotnické pomůcky. pomocí této pomůcky je pacient po totální laryngektomii s umělým hrtanem schopný komunikovat a tvořit umělý hlas, který je sice zvukem více robotický oproti mluvenému hlasu, ale současné studie v tomto ohledu ukazují pokrok. Za použití umělé inteligence AI a nahrávek pacienta před operací jsme na dobré cestě k vytvoření přirozenějšího znění hlasu tohoto zařízení, zvané elektrolarynx.

Motivací pro tuto práci je kromě řešení problému, ke kterému docházíme s použitím tohoto zařízení (dále také elektrolarynx) a jeho zastaralého konceptu vyjma vnitřní technické stránky z hlediska součástí, i bývalý příslušník mé balkánské rodiny. Ten byl jedním z lidí trpících nádorovým onemocněním hrtanu (*larynxu*), který prošel totální laryngektomií, kdy byl jeho původní hrtan zaměněný umělým *larynxem*, a následně využíval i elektrolarynx v jeho starší technické podobě. Avšak tvar a způsob jeho používání byl i minimálně před 40 let stejný. To je právě jeden z největších problémů u přístrojů, které sice svůj účel a funkci plní dokonale, ale nemáme a ani se nepřipravují nové designy či re-designy, které by mohly ještě mnohem více zjednodušit jejich používání svým uživatelům. Dalším problémem těchto zařízení je jejich pořizovací cena, která je sice hrazená jednou za několik let zdravotní pojišťovnou, ale jejich předčasná poroucha může vést k nutnosti koupě nového elektrolarynxu. To může být celkem finančně náročné, cena elektrolarynxu se pohybuje přibližně na 18 000,-Kč za menší přístroj s papírovou krabicí a několika bateriemi s adaptérem na nabití.

V závislosti na závažnosti situace a stupni rakoviny hrtanu může člověk přijít i o své hlasivky a tímto i o svůj hlas. V případě totální laryngektomie člověk sám svůj hlas již nikdy neuslyší. V takovém případě je v současné době několik málo možností. Jednou z nich je právě pomoc zařízení elektrolarynx, který se časem stává nejlepším přítelem člověka bez svého vlastního hlasu. I když tento přístroj má mnoho pozitivních hodnot a funkcí ve své současné verzi jako je zpřístupnění hlasového média pro komunikaci jedince s ostatními, přichází s ním hned několik komplikací a problémů. Kromě robotického výstupu přístroje je také náročné i jeho opakované používání, kdy je potřeba přístroj držet jednou rukou, dopravit ho z místa A, což mohou být například kapsy u oblečení, tašky či kabelky, do místa B, jako je měkká tkáň na krku pod ústní dutinou, nebo na tváři u ústní dutiny, a zpátky. Z toho důvodu tu sice jsou vymyšlené provázky na zkrácení cesty přístroje k měkké tkáni, na které může být tento přístroj zavázaný a umístěný na krku uživatele, ale je to právě pouze jen zkrácení vzdálenosti mezi přístrojem a jeho nutnou plochou pro operování s ním. Neřeší se tu ten důležitější problém či zásadnější otázka toho, zda ten přístroj lze zkonstruovat a vymyslet tak, aby se nemusely používat ruce, zda je možné jeho přizpůsobení na krku a jeho automatizace, a tedy využití automatizace přístroje nebo zařízení, kde se to popravdě hodí mnohem více. Automatizace by spočívala právě v aktivaci zařízení neboli samospoušti a vypínání, kdy není potřeba používat ruce a neustále se dotýkat tlačítka, které aktivuje/zapne přístroj, ale může pouze stačit zaznamenávání aktivity svalů v oblasti krku, které jsou přímo či nepřímo spojené s mluvou.

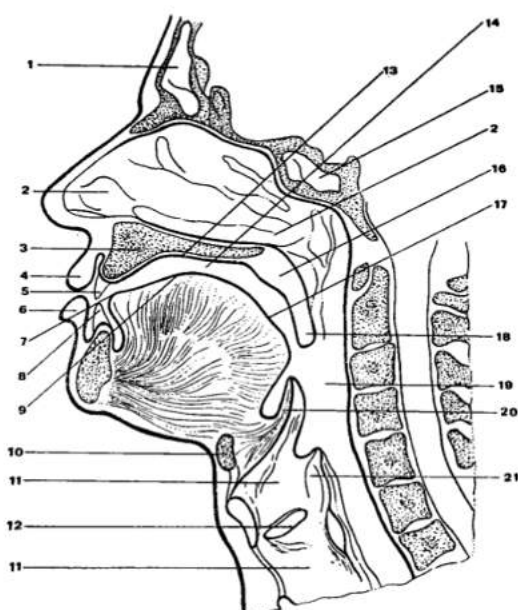
V současné době jsou to právě nové technologie, re-designy a designové přístupy nejen v oborech medicíny, ale i v dalších různých oborech, které nás posouvají dál a díky nimž se vyvíjíme mnohem rychleji než kdysi před několika stovkami let, kdy norma žití byla oproti dnešku bez vyspělejších technologií. Jednou takovou vyspělejší a současnější změnou jak technologickou, tak i designovou, přístroje elektrolarynxu lze uživateli mnohonásobně usnadnit, zpříjemnit a pomoci s celkovým používáním této zdravotnické pomůcky. Zároveň může dojít ke zvýšení sebevědomí pacienta po totální laryngektomií, kdy kvalita života je mnohem nižší v situaci, když se jedinec chce znovu zapojit do společnosti. Je to pro něj mnohem složitější jak z důvodu psychologického, tak i hlavně z důvodu společenského stigma takto handicapovaných lidí po totální laryngektomii bez hlasivek. Účelem takového re-designu by bylo jedince znovu díky tomuto zařízení popostrčit a namotivovat dál a plnohodnotně ho znovu začlenit do společnosti s mnohem menším či žádným stigmatem z okolí a dodat mu sebevědomí v jeho komunikaci s ostatními členy společnosti.

Touto změnou může být re-design zařízení elektrolarynxu do zcela „handsfree“ verze, jako tomu bývá u sluchátek pro řidiče a automatizované verze nošené kolem krku s možností Bluetooth připojení na hodinky, chytrého mobilu či dalšího chytrého zařízení a tím by to spotřebiteli umožňovalo využívat k přístroji i další příslušenství jednodušeji a pohodlněji než kdy dříve ve své původní verzi, kterou lze nalézt ve většině zdravotnických potřebách nebo i na poptávku. Tímto se design a konstrukce dostávají do mnohem současnějšího tvaru a typu, které bychom byli v dnešní době schopni nalézt na trhu u mnohých dalších re-designovaných produktů. Další touto změnou či doplňkem by mohla být i aplikace, jejíž účelem by bylo pomoci a zaučení člověka, jak pracovat s tímto novým přístrojem či starší verzí. Zároveň účelem této aplikace by bylo pomáhat mu v případech, kdy s ním tento přístroj není, jako jsou různé návody, informace o hygieně místa, které bylo vytvořeno během operace, doporučení a jiné typy či rady.

1. Analytická část

1.1. Hlasové ústrojí

Hlasové ústrojí je součástí hrtanu nacházející se na přední části krku, kdy k ústní dutině vyústíje do hltanu a kde je zároveň připojen vazem k jazykové kosti a ta s dalšími svaly a vazy ke spodiny ústní, kdy přechází v dolní části v průdušnici. Hlasové ústrojí se obecně skládá z dýchacího ústrojí: hrudního koše, ve kterém se nacházejí plíce, průdušnice a průdušky, bránice a mezižeberní svaly; z fonační ústrojí: hrtan a rezonátor (dutina *nadglotiická* – hltan, dutina ústní, nosní a dutina lebeční; a dutina *podglotická* – průdušnice, průdušky, plicní sklípky); z artikulačního ústrojí: dutina ústní, dutina nosní a hltan. [1] [3]



Obrázek č. 1: Průřez horní částí hlasového ústrojí

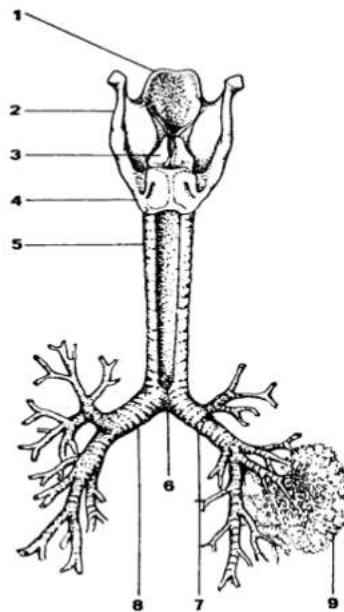
- | | |
|------------------|--------------------------|
| 1. dutina čelní | 12. pravá hlasivka |
| 2. dutina nosní | 13. tvrdé patro |
| 3. horní čelist | 14. dutina ústní |
| 4. horní ret | 15. dutina kosti klínové |
| 5. horní zuby | 16. měkké patro |
| 6. dolní ret | 17. hřbet jazyka |
| 7. špička jazyka | 18. čípek |
| 8. dolní zuby | 19. prostor hrdelní |
| 9. plocha jazyka | 20. epiglottis |
| 10. jazyk | 21. chrupavka hlasivková |
| 11. hrtan | |

(Podle P. Paschena)
Soukup, 1972

Obr. 1: Průřez horní částí hlasového ústrojí

1.2. Průdušnice

Průdušnice neboli odborně trachea je pružnou trubicí s pevnými stěnami, která se skládá z cca 15 až 20 chrupavčitých kroužků a jsou volně spojeny s vazivem. Pružnost trubice umožňuje protáhnutí z počátečních 15 cm až na 27 cm, což umožňuje vyrovnání délky průdušnice při různých polohách těla. Zároveň slouží velice účinně i při fonaci. V průdušnici se spojuje proud plynné směsi neboli tzv. dech a to zvláště, když jde o zpěv, který je vydechovaný za pomoci expiračních svalů. Tímto způsobem vydechování probíhá volně průdušnicí, ústy či nosem nebo probíhá stlačováním, kdy je vzduch zhuštěn pod uzavřenou hlasovou štěrbinou. Průdušnice je ke svému hornímu kraji následně spojena s chrupavčitém hlasovým ústrojím zvané hrtan neboli také larynx.[1] [3]



Obrázek č. 2: Hrtan, průdušnice, průdušky, sklípky plicní

1. epiglottis
 2. chrupavka štítná
 3. chrupavky hlasivkové
 4. chrupavka prstencová
 5. průdušnice
 6. rozvětvení (bifurkace)
 7. pravý stromek průdušnice
 8. levý stromek průdušnice
 9. sklípky plicní
- (Podle P. Paschena)

Soukup, 1972

Obr. 2: Hrtan, průdušnice, průdušky, sklípky plicní

1.3. Hrtan (larynx)

Hrtan je složen z chrupavek, vazů, svalstva a sliznice. Kostra hrtanu z chrupavky tvoří dvě párové chrupavky a tři nepárové. Nepárové chrupavky bývají: chrupavka štítná (*cartilago thyroidea*), chrupavka příklopky hrtanové (*cartilago spiglottica*) a chrupavka prstencová (*cartilago cricoidea*). Párové chrupavky bývají: chrupavky hlasivkové (*cartilagines arytaenoideae*). [1] [3]

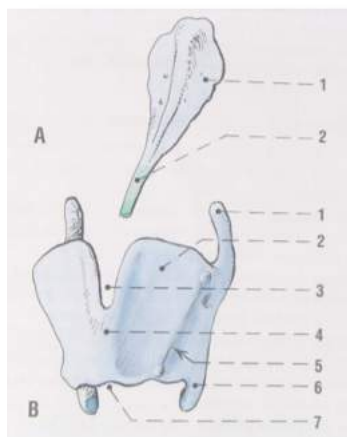
1.3.1. Nepárové chrupavky

Chrupavka štítná (*cartilago thyroidea*)

Tato chrupavka tvoří základ celé kostry hrtanu a skládá se ze dvou plochých plotének, které se sbíhají v ostrém úhlu a vytváří vepředu hranu a vyniká pod kůži a říká se jí tzv. ohryzek. Na okraji destiček ze zadní strany vybíhají rohy nahoru i dolů. Přičemž horní rohy slouží k vazivovému spojení štítné chrupavky s jazylkou a na dolních rozích jsou kloubní plošky na spojení s prstencovou chrupavkou. [1] [3]

Chrupavka příklopky hrtanové (*cartilago spiglottica*)

Tato chrupavka vybíhá zevnitř úhlu, který tvoří destičky štítné chrupavky a při polykání se sklání dozadu a zakrývá vchod do hrtanu a případné sousto klouže bez problémů do jícnu.



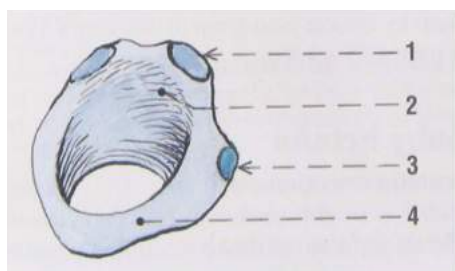
Obrázek č. 3: Chrupavka příklopky hrtanové, chrupavka štítná

- A) chrupavka příklopky hrtanové
1. vlastní list příklopky
 2. stopka epiglottis – zúžené připojení ke štítné chrupavce
- B) chrupavka štítná
1. horní roh
 2. levá ploténka
 3. horní hluboký zářez do přední strany štítné chrupavky
 4. přední oblá hrana, spojení obou plotének chrupavky štítné (u mužů vyčnívající a hmatná zřepdu na krku – „ohryzek“)
 5. vyvýšená hrana na boku ploténky – připojují se na ní svaly jazyčky
 6. dolní roh
 7. dolní mělký zářez do přední strany štítné chrupavky
- Čihák, 2002

Obr. 3: Chrupavka příklopky hrtanové, chrupavka štítná

Chrupavka prstencová (*cartilago cricoidea*)

Tato chrupavka se podobá pečetnímu prstenu, kdy je jeho úzká část obrácena dopředu a širší se nachází vzadu, na níž se nachází po stranách kloubní plošky pro spojení s chrupavkou štítní. Dolní okraj je následně spojen s kruhovým vazivem průdušnice. [3]



Obrázek č. 4: Chrupavka prstencová

1. párová kloubní ploška pro hlasivkovou chrupavku
2. ploténka prstencové chrupavky
3. párová kloubní ploška pro spojení s dolním rohem štítné chrupavky
4. oblouk prstencové chrupavky

Čihák, 2002

Obr. 4: Chrupavka prstencová

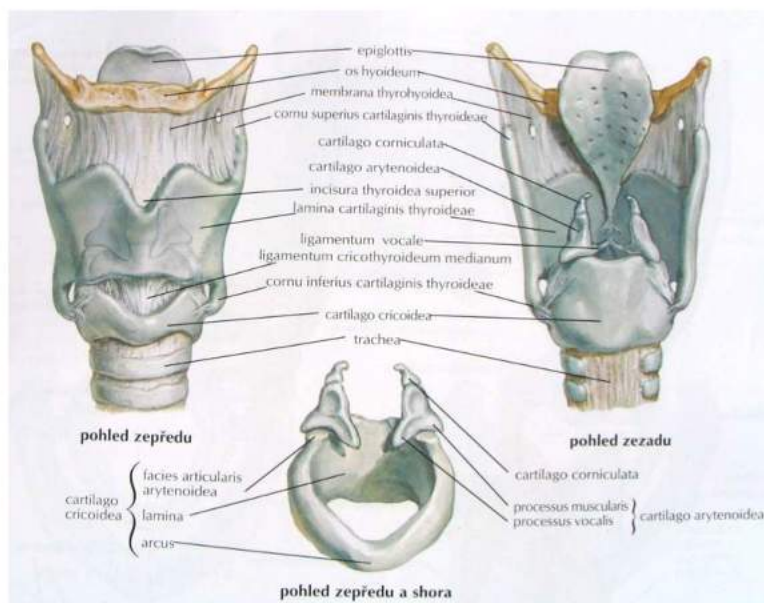
1.3.2. Párové chrupavky

Chrupavky hlasivkové (*cartilagines arytaenoideae*)

Tyto chrupavky nasedají na kloubní plošky symetricky uložené vzadu na horním okraji prstencové chrupavky a mají podobu trojbokého hranolu a na spodině mají vydutou kloubní plochu zasazenou na protilehlé kloubní ploše prstencové chrupavky. V dolní části vepředu se tyto plochy chrupavek prodlužují ve výběžky hlasivkové (*procesu vocales*) a k nim se připínají hlasové vazy. Na vnější straně jsou svalové výběžky, ke kterým se připínají některé z hrtanových svalů. Spojení chrupavek hlasivkových a prstencové chrupavky kloubem patří k jedním z nejsložitějších kloubních mechanismů v lidském těle. Jsou to na první pohled jednoduchými klouby, které umožňují velice rozmanitý pohyb. Tyto obě hlasivkové chrupavky se sblíží pomocí svých vnitřních ploch a vzdalují se od středu do stran, sklápějí se vpřed a zdvihají se dozadu. Otáčí se buď rotačním pohybem nebo šroubovitě kolem své vertikální

osy a všechny tyto pohyby mají velké významy u tvoření a úpravy hlasu tím, že jsou přenášeny na hlasové vazy. [1] [3]

Hlasové vazy neboli *liggamenta vocalia* jsou celkově dva a jsou uloženy v horizontální rovině směrem odpředu dozadu. Jedná se o soubor pružných vazivových vláken. Vpředu jsou upevněny na zadní ploše chrupavky štítné těsně vedle sebe. Hlavní část vzadu se připíná k hlasivkovým výběžkům chrupavek hlasivkových, kde menší část přebíhá přes hlasivkový výběžek na těle chrupavky hlasivkové a zároveň se vytrácí směrem dozadu. [1] [3]



Obrázek č. 8: Kostra hrtanu, chrupavky hlasivkové a prstencová

Kostra hrtanu, pohled zepředu a zezadu:

epiglottis – přiklopka hrtanová

os hyoideum – jazyka

membrana thyrohyoidea – vaz štítnojazykový (spojuje štítnou chrupavku s jazykou)

cornu superius cartilaginis thyroideae – horní roh štítné chrupavky

cartilago corniculata – růžkovitá chrupavka

cartilago arytenoidea – hlasivková chrupavka

incisura thyroidea superior – horní hluboký zářez do přední strany chrupavky štítné

lamina cartilaginis thyroideae – ploténka štítné chrupavky

ligamentum vocale – hlasový vaz

ligamentum cricothyroideum medianum – vaz spojující dolní okraj štítné chrupavky s obloukem chrupavky prstencové

cornu inferius cartilaginis thyroideae – dolní roh chrupavky štítné

cartilago cricoidea – chrupavka prstencová

trachea – průdušnice

Chrupavka hlasivková a prstencová, pohled zepředu a shora:

cartilago cricoidea – chrupavka prstencová

facies articularis arytenoidea – kloubní ploška pro hlasivkovou chrupavku

lamina – ploténka prstencové chrupavky

arcus - oblouk prstencové chrupavky

cartilago corniculata – růžkovitá chrupavka

cartilago arytenoidea – hlasivková chrupavka

processus muscularis – svalový výběžek

processus vocalis – hlasový výběžek

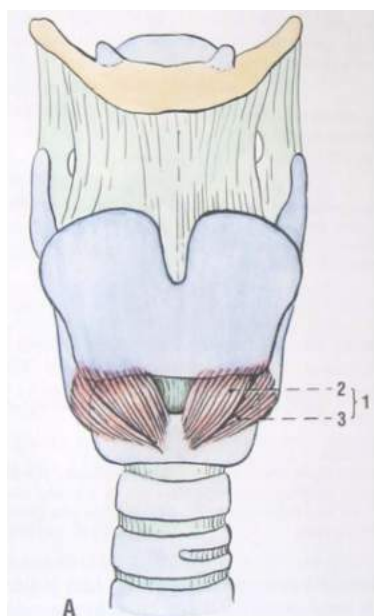
Netter, 2003

Obr. 5: Kostra hrtanu, chrupavky hlasivkové a prstencová

1.4. Hrtanové svalstvo

Svalstvo vnějšího hrtanu upevňuje hrtan směrem nahoru k jazylce a směrem dolů ke kosti hrudní. V zadní části se nacházejí svalová vlákna, která tvoří část vchodu do jícnu. Mezi sousedními okraji chrupavek štítné a prstencové probíhají svalová vlákna šikmo uloženého napínače.

Vnitřní svalová tkáň hrtanu je pevně spojena s prstencovou chrupavkou a štítnou chrupavkou a připojuje se k hlasivkovým chrupavkám, což umožňuje ovládání jejich polohy. Svalová hmota vyplňuje většinu prostoru mezi vnitřními stěnami štítné chrupavky a hlasovými vazy, což vytváří dva souvislé valy hlasových strun, známé také jako hlasivky. Sliznice pokrývá celou vnitřní strukturu hrtanu a tvoří po obou stranách hlasivek rovnoběžné záhyby nazývané ventrikulární řasy, někdy označované jako nepravé hlasové vazy. [1] [3]



Obrázek č. 9: Svaly hrtanu – napínač

1. musculus cricothyroideus – napínač (od přední strany chrupavky prstencové vzhůru k okraji chrupavky štítné)
2. příčná část napínače
3. šikmá část napínače

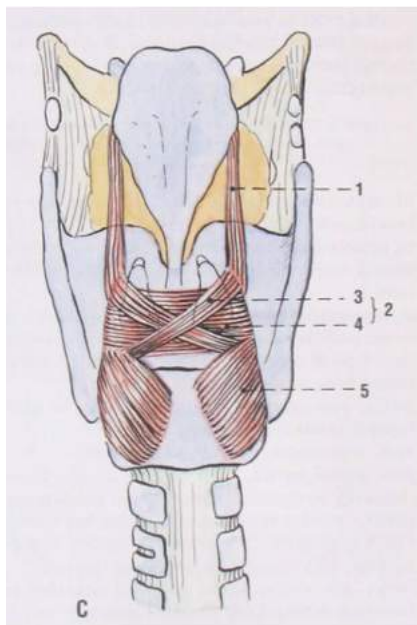
Čihák, 2002

Obr. 6: Svaly hrtanu – napínač

Veškeré změny v postavení hlasivek jsou ovládnány tím svalstvem, které se funkčně dělí na skupiny rozvěračů, svěračů a vlastních fonačních svalů (nazývaných také napínací). Rozvěrači rozšiřují hlasovou štěrbinu tahem za svalový výběžek směrem dozadu a zároveň dolů se oddálí obě hlasivkové chrupavky od sebe, popř. se i stočí do stran. Tyto pohyby jsou zároveň sledovány hlasivkami. Při prostém oddálení má hlasová štěrbinu tvar trojúhelníka, při největším rozšíření s pootočením hlasového výběžku pak tvar pětiúhelníku. Prvního tvaru nabývá při klidném vdechu, druhého při vdechu usilovném. Svěrači obepínají kruhovitě hlasovou štěrbinu a tlačí k sobě vnitřní plochy hlasivkových chrupavek a tím i hlasivky. Tak je dosaženo úplného uzavření hlasové štěrbiny. Vlastní fonace svaly jsou dva a jejich funkce je do jisté míry protichůdná. Napínací sval zevní sblížuje vepředu chrupavku prstencovou a štítnou a oddaluje tak chrupavky hlasivkové od přední strany chrupavky štítné,

tím způsobuje napínání a prodlužování hlasivek. Sval hlasivkový probíhá paralelně s hlasovým vazem (ve vodorovné poloze) a tvoří podstatu hlasivkového těla. Přibližuje chrupavky hlasivkové k přední hraně chrupavky štítné a tím vazy hlasové zkracuje a uvolňuje. Při formování hlasu se zapojují nejen samotné fonační svaly, ale také další svalové skupiny, jako jsou ty, které ovlivňují polohu hrtanu zvenku a tím regulují výšku hlasu. [1] [3]

1.4.1. Fyziologický význam hrtanu



Obrázek č. 12: Zadní skupina svalů hrtanu

pohled zezadu

1. podslizniční sval epiglottis
2. musculus arytenoideus – příčný sval spojující na zadní straně hlasivkové chrupavky
3. m. arytenoideus obliquus – šikmá část příčného svalu
4. m. arytenoideus transversus – rovná část příčného svalu
5. m. cricoarytenoideus posterior – zadní sval (rozvěrač štěrbiny)

Čihák, 2002

Obr. 7: Zadní skupina svalů hrtanu

Obrázek č. 12: Zadní skupina svalů hrtanu pohled zezadu

1. podslizniční sval epiglottis
2. *musculus arytenoideus* – příčný sval spojující na zadní straně hlasivkové chrupavky
3. *m. arytenoideus obliquus* – šikmá část příčného svalu
4. *m. arytenoideus transversus* – rovná část příčného svalu
5. *m. cricoarytenoideus posterior* – zadní sval (rozvěrač štěrbiny) Čihák, 2002

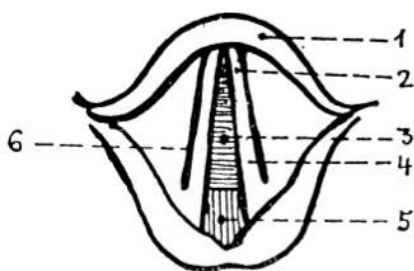
A) Jako orgán dýchacího systému má významné místo na rozhraní dýchacích a trávicích cest. Nachází se zde hrtanový kryt (*epiglottis*), což je chrupavčitá struktura, která usnadňuje polykání tím, že se skloní a uzavře hrtan.

B) Při fixaci hrudníku dochází k součinnosti, která umožňuje přesné pohyby horních končetin. Tento proces vyžaduje stabilizaci hlasové štěrbiny a současně uzavření objemu vzduchu v plicích, přičemž bránice zůstává statická.

C) Rozvoj hlasu (fonetická funkce). [1] [3]

1.5. Hlasivky

Hlasivky, známé také jako hlasové rty (*labia vocalia*), hlasové valy či pravé vazy hlasové, jsou valovitými útvary, probíhajícími po obou stranách vnitřního prostoru hrtanu. Mají tvar přibližně trojbokého hranolu a jsou tvořeny drobnými svaly, přičemž hlavním z nich je sval hlasivkový (*musculus vocalis*), zatímco na jejich okrajích jsou tvořeny vazy hlasivkové. Tento útvar je celkově pokryt jemnou sliznicí. Je důležité si uvědomit, že anatomicky ani funkčně nelze zaměňovat hlasové vazy s hlasivkami, neboť hlasové vazy jsou pouze součástí hlasivek. [1] [3]



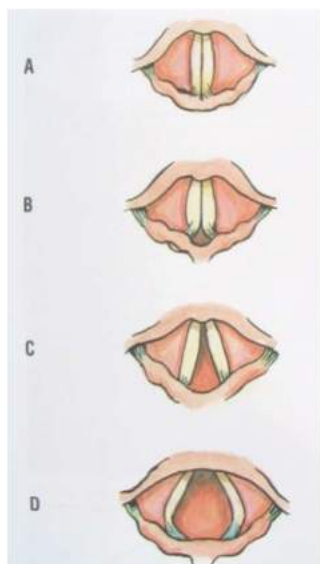
Obrázek č. 11: Nárys hlasové štěrbiny

1. epiglottis
 2. hlasivka
 3. blanitá část hlasivkové štěrbiny
 4. zadní úpon hlasivky (části blanité) na výběžek hlasivkové chrupavky
 5. chrupavčitá část hlasivkové štěrbiny
 6. výchlípková řasa
- (Hála a Sovák, 1955)

Obr. 8: Nárys hlasové štěrbiny

Délka hlasivek se liší podle věku a velikosti hrtanu. U dospělého jedince činí přibližně 1,5 až 2,5 cm. Hlasivky jsou při pohledu shora bělavé a lesklé, protože skrz jejich jemnou sliznici prosvítá bílá vazivová hmota. Vpředu jsou hlasivky upevněné ve vrcholu úhlu, který tvoří obě destičky chrupavky štítné, tomuto místu se říká přední komisura. Jejich zadní konec přechází hlasovými výběžky v hlasivkové chrupavky. Každý výběžek je upevněn jednak hlasovým vazem, jednak hlasivkovým sval. Toto pevné spojení způsobuje, že pohyby hlasivek závisí na pohybech hlasivkových chrupavek. Postavení hlasivek se řídí postavením hlasivkových výběžků. [1] [3]

Hlasová štěrbina je průchod mezi hlasivkami, ohraničený v prvních dvou třetinách jejich délkou hlasivkami a v poslední třetině vnitřními okraji chrupavek hlasivkových a na konci je tzv. zadní komisura, která je proměnlivá, tedy může se rozšiřovat nebo zužovat, na rozdíl od komisury přední, která je zcela nehybná. [1] [3]



Obrázek č. 10: Postavení hlasivek za různých okolností
podle pohledu laryngoskopickým zrcátkem, zadní strana je na vyobrazení dole

- A) při tvorbě hlasu
- B) při klidovém dýchání a při šepotu
- C) při středně intenzivním dýchání
- D) při usilovném dýchání

Čihák, 2002

Obr. 9: Postavení hlasivek za různých okolností

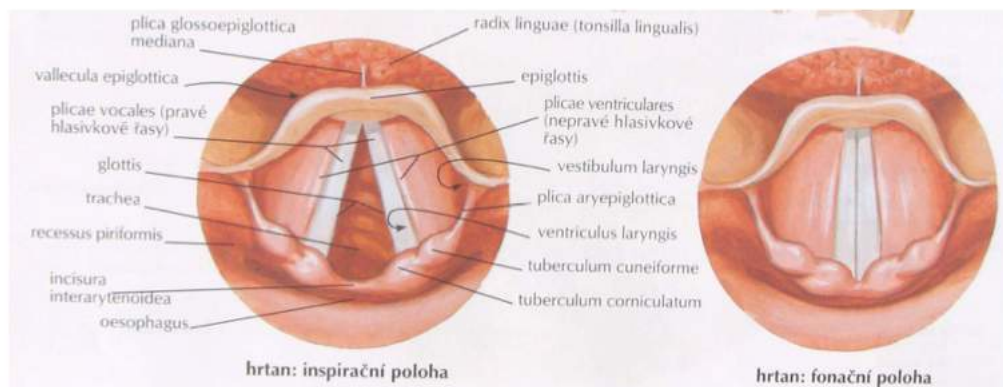
Funkčně je hlasová štěrbinu rozdělena na dvě části. Přední část, nazývaná též blanitá část (*pars ligamentosa*), má za úkol formovat hlas a úplně uzavírat štěrbinu. Dále se dělí na dvě podčásti: nadbřiškovou, která hraje důležitou roli při zkracování kmitající části hlasivek, a volnou část. Zadní část (*pars cartilaginea*), označovaná též jako chrupavčitá část, rozšiřuje průchod pro vzduch během dýchání. [1] [3]

1.5.1. Vznik hlasu

Dříve se věřilo, že hlas vzniká v hrtanu prostřednictvím kmitání hlasivek, obdobně jako u strun. Tato domněnka však byla chybná, neboť se zjistilo, že zvuk hlasu nevytvářejí hlasivky, ale periodické vlnění vzdušného sloupce nad nimi. Byla tedy hledána jiná analogie, zejména s mechanismem sirény a různých druhů píšťal; nejvíce se tato činnost podobá mechanismu Ewaldovy píšťaly s protiraznými jazýčky. Oba pružné jazýčky této píšťaly jsou přitlačeny k sobě pružinami umístěnými uvnitř a oddalovány proudem vzduchu přiváděným shora. Jejich střídavým stlačováním a uvolňováním se periodicky přerušuje proud vzduchu a tím se střídavě zhušťuje a zředuje vzdušný sloupec nad jazýčky. Tato periodická událost se akusticky projevuje jako hudební tón. [1] [3]

Podobný princip platí i v hrtanu, kde však úlohu jazýčků popsané píšťaly zastávají obě hlasivky. Proud vzduchu vydechovaný ze plic putuje průduškami do hrtanu a dosáhne hlasové štěrbinu, kterou v daný okamžik uzavřou hlasivky. Pod nimi dochází ke zvyšování tlaku a prudkému stlačování dechu. V určitý moment překoná tlak napětí stlačených hlasivek, což je uvolní a vychýlí do stran. Při tom proud vzduchu vnikne do dutin nad hlasivkami, kde narazí na jejich vzdušný obsah. To vede k okamžitému snížení tlaku v průdušnici a hlasivky, jejichž odporová síla převládne, se znovu uzavřou, což opět způsobí zhuštění vzduchu proudícího k nim. Tento proces se velmi rychle opakuje, čímž vznikají pravidelné rázy přerušovaného

vydechování na vzdušný obsah nad hlasivkovými dutinami, což způsobuje jejich kmitání a vznik hlasu. Frekvence se pohybuje mezi 64 Hz až 1024 Hz, vzácně až 2048 Hz.

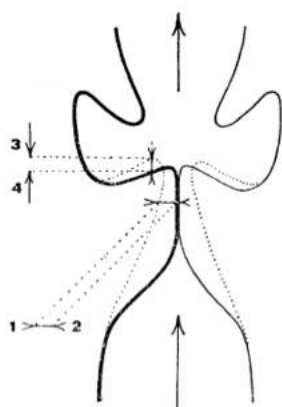


Obrázek č. 14: Pohled na hrtan shora (inspirační a fonační poloha)

plica glossoepiglottica mediana – nepárová řasa tvořená sliznicí
vallecule epiglottica – párová jamka
plicae vocales – pravé hlasivkové řasy
glottis – hlasová štěrbiná
trachea – průdušnice
recessus piriformis – vkleslá přední stěna hrtanu
incisura interarytenoidea – sliznicí krytý zářez mezi oběma hlasivkovými chrupavkami ohraničující vchod do hrtanu

oesophagus – jícen
radix linguae – kořen jazyka
epiglottis – hrtanová přiklopka
plicae ventriculares – nepravé hlasivkové řasy
vestibulum laryngis – vchod do hrtanu
plica aryepiglottica – párová slizniční řasa
ventriculus laryngis – laterálně vyklenutá dutinka
tuberculum cuneiforme a tuberculum corniculatum - dva drobné hrbolky sliznice nad hrotem hlasivkové chrupavky

Netter, 2003



Obrázek č. 15: Způsob kmitání hlasivek

1 – 2. vodorovná složka kmitání
3 – 4. svislá složka kmitání
Plnou čarou je vyznačena uzavřená hlasová štěrbiná, tečkovanou čarou největší oddálení hlasivek. Šipky ukazují směr výdechového proudu.
(Podle J. Tarneauda)
Soukup, 1972

Obr. 10: Pohled na hrtan shora (inspirační a fonační poloha) a Způsob kmitání hlasivek

Síly, které spolupracují při vytváření hlasu, jsou dvě: tlak vydechovaného proudu, který rozšiřuje hlasovou štěrbinu a oddaluje hlasivky od střední linie, a pružnost hlasivek, která vrací oddálené hlasivky zpět do střední linie, a navíc při fonetické poloze vytváří odpor

stlačených hlasivek proti tlaku vzdušného proudu. Pohyby hlasivek při fonaci, nazývané také vibrace hlasivek, nejsou aktivní, ale pasivní. Hlasivky se totiž neoddalují vlastním pohybem, ale jsou oddalovány tlakem vzdušného proudu. Aktivní je pouze pružnost hlasivek, která formuje jejich tvar, reguluje jejich napětí, určuje jejich polohu a vrátí hlasivky z fáze kmitání zpět do střední linie. Vibrace hlasivek však probíhají jinak než vibrace jazýčků v Ewaldově píšťale, tedy nejen ve vodorovném směru, ale také se vykyvují nahoru a dolů. Tento pohyb se děje v eliptické, mírně zakřivené dráze, přičemž vnitřní okraj hlasivek nejprve mírně vystoupí nahoru, pak se pohybuje do stran, a nakonec se vrátí do původní polohy. [1] [3]

1.5.2. Základní tón

Zvuk, který vzniká působením hlasivek, neexistuje ještě jako plný lidský hlas, ale spíše jako jeho základní prvek. Označuje se jako základní tón. Tento zvuk sdílí podobné akustické vlastnosti jako ostatní fyzikální tóny, jako je frekvence (která určuje výšku), intenzita, která se odvíjí od síly vibrací vzduchu závislých na napětí hlasivek a rychlosti průtoku vzduchu skrz hlasovou štěrbinu, a barva tónu, která je ovlivněna množstvím, výškou a intenzitou harmonických složek. Barva tónu je také ovlivněna anatomickými vlastnostmi hrtanu, zejména hlasivek, a částečně i charakteristikami prostoru pod hrtanem, jako je hltan a dutiny. [1] [3]

Základní tón hlasu je tón F_0 , který představuje základní frekvenci zdrojového hlasu a dalšího určitého počtu harmonických složek, které snižují svou zvukovou intenzitu o 6 dB na oktávu. Základní frekvence zdrojového hlasu se i liší, a to je dáno rozměrem vokálního traktu, kdy, čím je větší vokální trakt, tím základní frekvence klesá. Základní frekvence u mužů se pohybuje v rámci 80–200 Hz a u žen mezi 150–350 Hz a u dětí 200–500 Hz.

Základní tón nelze u živého člověka izolovat, neboť je závislý na celém hlasovém aparátu, zahrnujícím i hrtan. Samotný zvuk základního tónu bývá poměrně slabý, hrubý a málo lidský. Jeho specifický charakter se dále formuje průchodem rezonančními dutinami.

1.5.3. Rezonanční dutiny

Rezonanční dutiny jsou oblasti nad hrtanem (*faryngem*), zahrnující dutiny v ústech, nose a lebce, a pod hrtanem (*subglottem*), zahrnující průdušnici, průdušky a plíce. Když je epiglottis otevřená, tvoří s jazykem pohyblivou přední stěnu hltanu. Struktura hltanu se u různých jedinců liší, ale obecně má hladké stěny pokryté sliznicí. Na zadní stěně hltanu, v blízkosti měkkého patra, je uzavírací svalový ventil nazývaný Passavantův val. [3]

Hltan je rozdělen na tři části: za jazykem a hrtanovou příklopkou je *laryngofarynx*, zadní část ústní dutiny tvoří *orofarynx* a nejvýše v zadní části nosní dutiny je nosohltan (*rhinopharynx*). Obe spodní části hltanu, kde se nachází hlavní hlasové rezonátory, se také nazývají Purkyněho prostor. Mandle se nacházejí po obou stranách kořene jazyka a v zadní

části hltanu. V případě nadměrné velikosti mohou mandle nepříznivě ovlivnit rezonanční schopnosti hltanové dutiny.

Další hlavní části nadglottických dutin zahrnují ústní dutinu, ústa s jazykem, nosní dutinu a dutiny kostí obličejových. Hlas se formuje v ústech, kde se tvoří hlásky jako samohlásky – vokály a souhlásky – konsonanty, a je využíván při řeči a zpěvu. Vzduch z hltanu může opustit tělo dvěma cestami: ústy a nosem. Tyto cesty jsou odděleny patrem. Tvrzené patro tvoří přední část patra, zatímco měkké patro (*velum*) je pohyblivé a končí uvulou. Měkké patro může uzavřít nosní dutinu podle potřeby. Ústní dutinu uzavírají čelisti s řadami zubů a rty, které jsou důležité pro artikulaci.

V nosní dutině jsou na obou stranách tři sklouby (skorý), které jsou pokryty sliznicí a slouží k oteplování vdechovaného vzduchu a k zachycování prachu.

Obličejové kosti obsahují několik menších dutin, které ústí do nosu a nazývají se vedlejší dutiny nosní (*sinusy*), včetně dutin čelistních, dutin čelních a čelistních dutin. Nad hltanem se nachází dutina kosti klínové.

Svalstvo stěn hltanu a úst, zejména jazyka, je velmi silné a pohyblivé, což umožňuje těmto dutinám přijímat různé tvary a objemy a měnit rychle své napětí. Tyto dutiny tvoří spojitý systém rezonančních dutin, které spolu s hrtanem přispívají k produkci silného, rezonančního a příjemného zvuku. [3]

1.5.4. Síla, výška a barva hlasu

Síla hlasu je determinována několika faktory. Jedním z nich je intenzita výdechového proudu, což znamená, jak silný je proud vzduchu, který prochází hlasovými cestami. Dále hraje roli vibrace hlasivek, které při produkci zvuku vibrují, a rezonanční dutiny v oblasti hrdla, které slouží k zesílení a formování zvuku, podobně jako u hudebních nástrojů. Každý člověk má odlišnou hlasitost, která souvisí s jeho tělesnou stavbou. Ti, kteří mají vyklenutý hrudník a dobře vyvinuté rezonanční dutiny, často mají silný a plný hlas. Naopak lidé s plochým hrudníkem nebo s plicními problémy mohou mít slabší hlasovou projekci. Dalším faktorem ovlivňujícím hlas je stav nosu. U lidí s ucpaným nosem, jako je tomu při nachlazení, může být hlas tlumený, protože jim chybí nosní rezonance, která obvykle přispívá k plnosti a barvě hlasu.

Průměrná hlasová výška při zpěvu je individuální a závisí na anatomickém tvaru hrtanu a fonetických orgánů. Obecně platí, že hrtany s větším objemem a delšími hlasivkami produkují hlubší hlas, zatímco menší hrtany s krátkými hlasivkami vytvářejí vyšší hlas. Kromě této průměrné individuální hlasové výšky existuje i absolutní hlasová výška, která je určena počtem vibrací hlasivek za sekundu. Lidský hrtan dokáže měnit výšku tónu jak při zpěvu, tak při mluvení. Změny v hlasové výšce jsou řízeny tzv. Müllerovými zákony kompenzace fyzikálních

sil v hrtanu, které byly upraveny a rozšířeny dalšími výzkumníky, zejména dr. Weissem a u nás dr. Sovačem. [1] [3]

Výška tónu je přímo spojena s odporovým charakterem hlasivek. Při menším odporu je produkován hlubší tón, zatímco při vyšším odporu je tón vyšší. Tato vztahová závislost je zásadní pro formování zvuku lidského hlasu.

Změna výšky hlasu souvisí s posunem polohy hrtanu; při zvyšujícím se tónu se hrtan posouvá vzhůru a při klesajícím se snižuje. Tyto pohyby jsou více patrné u neškolených zpěváků než u těch, kteří prošli výcvikem, kde jsou minimalizovány. Nižší poloha hrtanu při zpěvu nabízí výhodu větších rozměrů rezonančních dutin nad hrtanem, což získává nové rezonanční možnosti. Je zajímavé, že tyto pohyby hrtanu předcházejí vzniku hlasu o okamžik. Tyto pohyby se vyskytují i při zpívání tónů (tzv. vnitřní zpívání) a někdy dokonce i při tichém čtení. Hrtan se tedy posouvá s výškou tónu. Jeho poloha se však mění i při stejné hlasové výšce v závislosti na tom, která samohláska je zpívána; nejnižší poloha je při samohlásce "u" a stoupá se vytvářením samohlásek "o", "a", "e" až k "i", kde je nejvyšší. [1] [3]

Stejně jako rozlišujeme jednotlivé hudební nástroje podle jejich charakteristického zvukového zabarvení, můžeme podobně rozlišovat i hlasy různých lidí. Každý hlas má svůj charakteristický ráz, což je souhrn všech akustických vlastností, které ho charakterizují; nazýváme ho osobní hlasová barva. Individuální barva hlasu je dána počtem, výškou a silou alikvotních tónů a jejich poměrem k základnímu tónu. Hlasivky nevytvářejí pouze jednoduchý tón, ale individuálně složený podle stavby hrtanu, způsobu kmitání hlasivek a stavby celého těla, zejména dýchacího ústrojí. Alikvotní tóny obsažené v základním hlasovém tónu jsou harmonické nebo téměř harmonické s tímto tónem. Kromě toho se na vytváření hlasové barvy podílí i dutiny nad hrtanem. V nich se hlas zesiluje, některé alikvotní tóny se tlumí, jiné podporují, a mohou také vznikat nové tóny, které nemusí být harmonické se základním.

Z rezonančních dutin, jako jsou dutiny nosní a nosohltanové, se připisuje velký vliv na barvu hlasu, stejně jako podmínkám, za jakých vzduch těmito dutinami prochází. Překážky mohou tlumit některé alikvotní tóny a tím i hlasitost hlasu. [3]

Správné fungování rezonátorů vnímáme a slyšíme jako rezonanci hrudní a hlavovou. Hlas vytvořený s využitím hlavové rezonance se nese na dálku, protože je obohacen mnoha alikvotními tóny. Hlavová rezonance je výsledkem společné činnosti celého rezonátoru nad hlasovou šterbinou, nikoli jen rezonance ústního prostoru a dutin hlavových. Není to pouze rezonance nosní, protože pokud je hlas správně veden, zaznívá i při zavřených nozdřích. Správné ozvučení všech dutin rezonátoru je dosaženo, když zvuk volně plyne mimo tyto dutiny z neuzavřeného hrdla. Příkladem jsou dětské hlasy, které se nesou plně do dálky, aniž by byly stlačovány nebo hnány.

Osobní hlasové zabarvení samozřejmě závisí i na psychickém stavu, ať už přechodném (afektu) nebo dlouhodobém. Nálady se velmi zřetelně projevují v hlase (například klid, radost, touha, smutek, žalost, zlost, vzrušení). Také duševní vlastnosti osobnosti se projevují v hlase a lze je považovat za charakterologický rys člověka. [1] [3]

Barva hlasu se mění také podle věku a pohlaví. Ženské hlasy jsou odlišně zabarveny oproti mužským, stejně jako se liší hlas starší osoby od dětského. Nejen jednotlivci, ale i různé sociální skupiny mají své specifické hlasové zabarvení (například národní charakteristiky hlasu při porovnání Němců a Francouzů). [1] [3]

1.5.5. Rozsah a poloha lidského hlasu

Hlasový rozsah se liší podle věku. U novorozenců je nejmenší, obvykle se pohybuje kolem noty a1 (435 Hz), s občasným přechodem do vyšších poloh. S postupujícím věkem se hrtan postupně zvětšuje (u chlapců rychleji než u dívek) a vyvíjí se dětský hlas, který v prvních letech nabývá rozsahu asi 6 půltónů, zpravidla pod a1. [1] [3]



Obr. 11: Průměrný rozsah hlasu (chlapci – bílá nota; dívky – černá nota) ve věku od 1 do 15 let

Po 6. roce věku se hlasový rozsah rozšiřuje na přibližně 1 a půl oktávy (větší rozsah, než uvedený se vyskytuje asi u jedné třetiny dětí). Dětský hlas se obvykle pohybuje v rozsahu od h-fis2 a je převážně používán při mluvení. Vývoj lidského hlasového rozsahu byl sledován od počátku až po období mutace, výsledek průzkumu ukazuje Gutzmannova tabulka. [1] [3]



Obrázek č. 17: Změna hlasu za mutace

Dětský hlas se mutací prohloubí (podle Gutzmanna) z rozsahu A do rozsahu B.
(Bílá nota – chlapci, černá – dívky)
Hála a Sovák, 1955

Obr. 12: Změna hlasu za mutace

U dospělých se hlasový rozsah liší podle tělesné stavby a způsobu jeho používání a obvykle zahrnuje asi dvě oktávy. Běžný mluvený hlas mužů obvykle sahá asi od G(A) do d(e), u žen je o oktávu vyšší, tedy mezi g(a) a d1(e1). Mluvený hlas se obvykle pohybuje na spodní hranici celkového hlasového rozsahu a zabírá asi sextu. Nižší poloha mluveného hlasu je důsledkem přirozeného principu maximalizace výkonu při minimálním úsilí. Hlubší tóny hlasu se totiž vytvářejí s minimálním napětím hrtanového svalstva a tlakem vzduchu. V této oblasti se hlas obvykle pohybuje pouze při klidné řeči, při důrazu se rozsah hlasu přirozeně rozšíří. Zpěváci, herci a řečníci často využívají široký hlasový rozsah. [1] [3]

Se stárnutím se hlasový rozsah zmenšuje; u mužů se v té době hlasová poloha mírně zvyšuje, naopak u žen klesá.

1.5.6. Neobvyklé způsoby tvoření hlasu

Jódl je specifický způsob tvorby hlasu, který se vyskytuje především u obyvatel horských oblastí v alpských zemích, Karpatech a podobných regionech. Původně sloužil k zvýšení hlasitosti lidského hlasu a tím i jeho slyšitelnosti na vzdálenost. Studiemi pomocí oscilografu a spektrometru bylo zjištěno, že hlas vytvořený při jódlu obsahuje podstatně více harmonických tónů, což ho činí bohatším a výraznějším než obvyklý hlas. Tato dominance harmonických tónů je důsledkem speciálního uspořádání rezonančních dutin, zejména dutin nad hrtanu, které jsou značně rozšířeny, především tzv. Purkyněho prostor. Dále se snižuje poloha hrtanu, koránek jazyka je vysunut vpřed (podobně jako při tvorbě rezonančních dutin pro hlásky j, i) a během dýchání dominuje používání břišního svalstva. [3]

Inspirativní hlas vzniká během nádechu, kdy je vzduch násilně vtahován do průdušnice sevřenou hlasovou štěrbinou, což způsobuje kmitání blízkých hlasivek a vytváří tak ostrý, pronikavý zvuk. Tento hlas se může vyskytnout u člověka nechtěně (například při zírání) nebo úmyslně. U některých zvířat je tento typ zvuku běžným způsobem komunikace (například u koně, osla, krávy atd.). U lidí se tento způsob tvorby hlasu obvykle nepoužívá, neboť je to fyziologicky nevhodný způsob, který navíc není hygienický a může poškozovat hlasivky.

Šepot není přesně hlas, protože hlasivky nevibrují, ale spíše jde o tiché šustění; nicméně řeč zůstává srozumitelná jako při hlasitém mluvení. Samohlásky se formují bez hlasu, hlasité souhlásky ztrácejí hlasovou složku a jsou nahrazeny jejich tichými variantami. Při šeptání se zvláště vyzdvihují třené souhlásky, zejména sykavky. Melodie řeči je značně ovlivněna a samozřejmě není možné šeptat zpěv.

1.6. Příčiny ztráty hlasu

Lidská komunikace je základním pilířem lidského dorozumívání. Pro jedince postiženého ztrátou hlasu, ať už dočasnou nebo trvalou, představuje běžná lidská komunikace mnohem náročnější úkol než pro zdravého jedince. Takový jedinec se musí dennodenně potýkat s problémy, které by za normálních okolností nenastaly. To s sebou nese i větší psychickou zátěž, a nemálo pacientů má obavy z reakcí okolí. Proto se věnuje nemalá pozornost rehabilitaci hlasu těchto jedinců. V této kapitole jsou přiblíženy možné příčiny ztráty hlasivek, a tedy i trvalé ztráty hlasu, a následně jsou představeny nejčastěji využívané metody pro rehabilitaci hlasu.

Trvalá ztráta hlasu je nejčastěji způsobena chirurgickým zákrokem nazývaným totální laryngektomie, což je úplné odstranění hrtanu (larynx). Když je odstraněn hrtan spolu s hlasivkami (glottis), člověk ztrácí schopnost vibrací vzduchu vycházejícího z plic, který je dále formován artikulačními orgány. Nejčastější příčinou vedoucí k totální laryngektomii je rakovina hrtanu v pokročilém stádiu. V mnohem menší míře se může jednat o rakovinu hltanu nebo poškození hrtanu v důsledku automobilové nebo jiné traumatické nehody. V České republice každoročně objeví přibližně 400 nových případů rakoviny hrtanu, z nichž přibližně jedna třetina je léčena pomocí totální laryngektomie. To znamená více než 100 nových případů trvalé ztráty hlasu každý rok. [3]

1.6.1. Poruchy hlasu

Lidský hlas můžeme charakterizovat třemi základními vlastnostmi: výškou, rozsahem a barvou. Výška hlasu je určena frekvencí vibrací hlasivek. Rozsah hlasu závisí na schopnosti jedince měnit napětí hlasivek a sílu vydechovaného proudu vzduchu, což ovlivňuje frekvenci vibrací hlasivek. Průměrný rozsah lidského hlasu činí dvě oktávy, což odpovídá 24 půltónům. Barva hlasu je dána tvarem rezonančních prostorů nad hlasivkami, tvarem hrdla a ústní dutiny a vlivem těchto prostorů na zvuk. [3]

Poruchy hlasu se projevují chrapotem. Chrapot vzniká z různých mechanismů: Nepravidelné kmitání hlasivek vzniká změnou jejich hmoty. Rozdíly mohou být ve frekvenci i amplitudě. Výsledný chrapot subjektivně odpovídá dojmu drsného, hrubého hlasu, někdy označovaného jako vlhký chrapot, pokud se v hlasové štěrbině objevuje zvýšená hlenová sekrece. Nedokonalé uzavření hlasové štěrbině vede k úniku vzduchu při fonaci. To vytváří vír v *supraglottickém* prostoru. Subjektivně vnímáme v hlasu šelest a dýchavičnou příměs.

Tyto jevy lze objektivně klasifikovat pomocí spektrální a akustické analýzy. Chrapot je indikátorem jakékoli poruchy hlasu. Platí zásada, že pacienta, jehož chrapot trvá déle než tři týdny, má vyšetřit odborník. Poruchy hlasu se dělí do dvou hlavních skupin:

Organické poruchy hlasu jsou způsobené patologickoanatomickými změnami na strukturách hrtanu. *Funkční poruchy* hlasu nastávají, kdy je nález v hrtanu zcela normální, přesto však má pacient hlasové potíže, což způsobuje narušení fonace (hlasové) funkce.

1.6.2. Organické poruchy hlasu

Organické poruchy hlasu vznikají při jakémkoliv organickém postižení hlasivek. Příčiny organických poruch zahrnují zánětlivé změny v hrtanu (akutní nebo chronická laryngitida), benigní nebo maligní nádory, poruchy inervace hrtanu, endokrinologická onemocnění, poranění hrtanu a anomálie hrtanu.

Léčba organických hlasových poruch spadá do oboru ORL (otorinolaryngologie). Foniatr provádí léčbu zánětlivých onemocnění horních cest dýchacích u hlasových profesionálů a rehabilitaci u všech organických poruch, které nelze zlepšit léčbou léky nebo chirurgickým zákrokem. Zahrnuje to reedukaci hlasové funkce při poruchách inervace hrtanu, po poranění hrtanu, při hormonálních poruchách a celkovou rehabilitaci po chirurgických zákrocích v hrtanu kvůli tumorovým onemocněním.

1.6.3. Poruchy hlasu u zánětlivých onemocnění hrtanu

Akutní zánět hrtanu, známý také jako *laryngitida acuta*, může být důsledkem virové infekce dýchacích cest. [3]

Onemocnění se obvykle projevuje rýmou, zvýšenou teplotou a kašlem. U každého akutního zánětu dýchacích cest je ovlivněna hlasová funkce, což může způsobit obtíže profesionálním mluvčím již při mírné formě zánětu. Typickým společným znakem při zánětu dýchacích cest je suchost sliznic nosu a úst. Sliznice hrtanu jsou zčervenalé, což vede k pronikání sliznice hlasivek a ke zvětšení jejich hmoty. Hustý hlen ztěžuje uzavírání hlasivek, nerovnosti na hlasivkách a jejich zvětšená hmota mohou narušit pravidelnost kmitání hlasivek. Hlas se stává hrdelní, chraptí a může docházet k úplné ztrátě hlasu (afonii). Základními opatřeními jsou dodržování hlasového klidu a lékařská péče; v případech přetrvávajících obtíží může akutní laryngitida přejít v chronickou formu. [2]

Chronický zánět hrtanu, známý také jako *laryngitida chronica*, vzniká v důsledku opakovaných akutních zánětů dýchacích cest. K jeho vzniku přispívá kouření, dlouhodobá expozice prašnému prostředí, inhalace agresivních chemických látek a časté přetěžování hlasového ústrojí. Projevuje se překrvením sliznice hrtanového vchodu a nadměrnou tvorbou hustého hlenu, který se ukládá na hlasivkách. Funkce hlasového ústrojí je narušena, což se projevuje zvýšenou unavitelností hlasu, trvalým chrapotem a v některých případech i úplnou ztrátou hlasu.

Léčba chronické laryngitidy je časově náročná a bez odstranění všech škodlivin, které k onemocnění přispěly, není velká naděje na obnovení hlasových funkcí a normalizaci sliznic.

Foniatr se obvykle zabývá pacienty trpícími akutní nebo chronickou laryngitidou, zejména pokud se jedná o hlasové profesionály. Při akutní laryngitidě u hlasového profesionála je nutné rozhodnout, zda je možné, aby nadále vystupoval, přestože trpí akutním onemocněním. Nadměrné zatížení hlasu při akutní laryngitidě může vést k vzniku hematomů na hlasivkách. Profesionál s výbornou hlasovou technikou často dokáže překonat hlasové

obtíže spojené se zánětem hrtanu, nicméně foniatr musí vždy postupovat individuálně. Po zánětlivém onemocnění je možné povolit zátěž hlasu až poté, co laryngoskopický a stroboskopický náález ukáže úplnou normalizaci. [2] [3]

Porucha hlasu v důsledku edému hlasivek často bývá zařazována do skupiny zánětlivých onemocnění hrtanu, ačkoliv edém hlasivek není přímo zánětlivým onemocněním. Jeho projevy se však často projevují primárně na hlasivkách a mohou působit jako symptomy zánětlivých změn. Existuje několik faktorů, které přispívají k vzniku edému – alergie, nadměrné kouření, pobyt v nehygienickém prostředí, ale také nesprávné používání hlasu hraje svou roli.

Reinkeho edém obvykle představuje vážnou poruchu, kde je hlas silně chraptavý, hvízdavý a tlumený. Reinkeho edém, též známý jako *polypová korditida*, *laryngitida*, degenerativní nebo chronická *hypertrofická laryngitida*, souvisí s chronickým nahromaděním tekutiny v pod *epiteliálním* prostoru falešných hlasováních řas. Etiologie Reinkeho edému není zcela známa. Je častější u žen, často je spojen s kouřením a nesprávným používáním hlasu (hlasové nadužívání, tzv. abúzus hlasu). Jednostranný Reinkeho edém, který se někdy podobá cystě, může být spojen s neúplným ochrnutím (parézou) hlasivek. Reinkeho edém se také někdy objevuje jako komplikace po dlouhodobé tracheální intubaci.

U pacientů s dosud nediodagnostikovaným Reinkeho edémem se při anestezii může projevit obtížná průchodnost dýchacích cest. Konzervativní léčba spočívá v podávání diuretik a protizánětlivých přípravků. Pacient by měl dodržovat hlasový klid, omezit nesprávné používání hlasu a přestat kouřit. Je také možná operační léčba, která je používána u rozsáhlého edému a spočívá v odstranění léze a povrchové vrstvy lamina propria na hlasivkách, buď klasickou metodou nebo pomocí CO2 laserové techniky. [2] [3] Do kategorie laryngitid spadají také hlasové obtíže, které trpí pacienti s chronickou suchou atrofickou faryngitidou. Tito obvykle zahrnují hlasové profesionály, kteří pociťují suchost v krku, neustálou potřebu odkašlávat a mají nejistotu při vytváření tónů v hlavovém rejstříku. Na hlasivkách a v hrtanu nejsou zaznamenány výrazné změny, ale sliznice na hlasivkách může být sušší. Toto onemocnění často doprovází výrazná suchost nosní sliznice. Léčba zahrnuje podávání léků, které podporují sekreci faryngeální sliznice, a klimatickou léčbu, zejména pobyt u moře.

Dalším onemocněním, které sice není přímo laryngitida, ale je zařazeno do této skupiny kvůli primárním projevům připomínajícím zánětlivé změny, je *amyloidoza*. *Amyloidoza* se projevuje atypickým uzlíkem na hlasivkách a může vést k *subglotické stenóze* (zúžení v oblasti pod hrtanem). Dochází k ukládání amyloidu do tkání. Hlas je chraptavý, sípavý, a může docházet k dýchavičnosti. Hlasivky jsou mírně ztloustlé a povrch není lesklý. Diagnóza je prakticky možná pouze histologicky, příčina není známa.

Při Urbach-Wietheově nemoci se na hlasivkách objevují žlutavé infiltrace, které mohou být i na sliznici v dutině ústní. Jedná se o metabolické onemocnění, při kterém dochází k ukládání lipidů do tkání. Hlasivky jsou málo pružné, ztloustlé, což často vyžaduje opakované odstranění infiltrátů. Tyto infiltrace jsou chirurgicky odstraňovány, ale zlepšení je obvykle

pouze dočasné. Při stroboskopickém vyšetření je amplituda kmitů malá, hlas je sípavý a dýchavičný.

1.6.4. Nádorová onemocnění hrtanu

Nádory hrtanu se vyskytují méně často než nádory plic, prsu, prostaty a tlustého střeva, ale kvůli možným následkům léčby, jako je ztráta hlasu, jsou velmi sledovanou oblastí v onkologii. Dříve byla chirurgická léčba nádorů hrtanu převažující s cílem odstranit postižený hrtan.

Avšak s časem došlo k rozvoji tzv. konzervativních chirurgických postupů – operací šetřících hrtan (parciální *laryngektomie*, endoskopické výkony). V léčbě nádorů hrtanu se stále častěji používají sofistikované postupy radioterapie, šetrné protokoly zachování orgánů, kombinace chemoterapie s radioterapií a další metody. Nejběžnějším typem karcinomu hrtanu je *spinocelulární karcinom*, který je maligním nádorem. Pětileté přežití pacientů s tímto typem karcinomu se obvykle uvádí kolem 70 %. Ačkoliv se tento údaj v poslední dekádě výrazně nezměnil, léčebné strategie prošly významnými změnami. Výsledkem je výrazné zvýšení procenta pacientů přežívajících se zachovaným hrtanem. [2] [3] [7]

Nádory hrtanu se vyskytují s různou četností v jednotlivých geografických regionech, ale typickým pacientem je muž – kuřák středního nebo vyššího věku s různými stupni alkoholové závislosti. Etiologicky hraje roli vzniku nádorů hrtanu nesprávné a nadměrné užívání hlasu s chronickou laryngitidou, stravovacími návyky, chronickým *gastroezofageálním refluxem*, expozicí dřevěnému prachu, dusičnanům, azbestu a ionizujícímu záření. Karcinogenní účinek kouření tabáku, bez ohledu na to, zda jde o cigarety, dýmku nebo doutníky, je obecně přijímán jako fakt. Existuje však skupina pacientů s nádorem hrtanu, kteří nikdy nekouřili. V některých případech se onemocnění spojuje s lidským *papilomavirem* (HPV), který může působit jako kofaktor nádorů v oblasti polykacích a dýchacích cest stejně jako v hrtanu. Role alkoholismu jako příčinného faktoru vzniku karcinomu hrtanu není jednoznačně přijímána. Spíše se předpokládá současný výskyt několika faktorů, včetně alkoholismu, kouření a podvýživy, které se obvykle vyskytují současně. Tyto faktory se týkají zejména dlaždicobuněčných karcinomů. [4] [7]

Anatomické rozdělení hrtanu na jednotlivé sub-lokalilty má pro karcinom význam z hlediska volby léčebné metody, prognózy a funkce. Hrtan je rozdělen do tří hlavních oblastí: *glottis* (párové pravé hlasivkové vazy), *supraglottis* a *subglottis*. Toto dělení vychází také z embryogeneze, kdy během vývoje dochází k různému vyvinutí zásobení lymfatickými cestami. Znalost přesné lokality a rozsahu nádoru určuje další postup léčby pacienta. Navíc pomáhá porozumět směru jeho dalšího šíření. Tato znalost je zejména důležitá pro volbu správného typu chirurgického zákroku, například parciální *laryngektomie*. [2] [4] [7]

Určení histologických typů zhoubných nádorů v hrtanu zahrnuje několik hlavních kategorií. *Spinocelulární karcinom* představuje nejčastější variantu, tvořící více než 95 % všech maligních nádorů této oblasti. Typickým je různý stupeň diferenciací. Zatímco u verukózního

karcinomu se vyskytují charakteristické vzory růstu a často je spojován s *papilomaviry*, nemá tendenci k metastázování, což je odlišuje od *spinocelulárních karcinomů*. Neuroendokrinní nádory, zejména malobuněčné, jsou zase často lokalizovány *submukózně*, s primárním zaměřením léčby na chemoterapii a radioterapii. Ostatní typy nádorů, jako jsou *karcinosarkomy*, *fibrosarkomy*, *chondrosarkomy* a *adenokarcinomy*, jsou méně časté a představují asi 4 % všech nádorů v hrtanu. *Plazmocytomy*, lymfomy a melanomy jsou zde velmi vzácné.

Příznaky nádorových onemocnění hrtanu se liší podle lokality nádoru a směru jeho dalšího růstu. Nádory ve vrchní části hrtanu obvykle nezpůsobují brzké příznaky a často se prvním znamením stává přítomnost krčních metastáz. Typickým prvním příznakem podle místa nádoru a jeho směru růstu do jazyka a polykacích cest je obvykle pocit škrábání v krku na jedné straně, často doprovázený citlivostí na horké nebo studené jídlo. Bolestivé polykání, bolest vyzařující do ucha a obtížná pohyblivost jazyka se objevují v pokročilejších stádiích nádorů.

Nádory hlasivek lze často diagnostikovat včas, protože i malé změny v pohybu hlasivek způsobené nerovností sliznice mohou způsobit chrapot. Nicméně, vzhledem k tomu, že mnoho kuřáků má občas chrapot, tento časný příznak může být přehlédnut. Obecně platí, že každý chrapot trvající déle, než dva až tři týdny by měl být důvodem k vyšetření laryngoskopem. [7]

Metastázy do krční oblasti se často objevují až ve stadiu pokročilých nádorů a mohou se projevit až dlouho po prvních příznacích. Nádory v dolní části hrtanu jsou méně časté a jejich časná diagnostika na základě příznaků je obtížná. Pokud se však objeví dušnost, je to obvykle známka pokročilého stadia nádoru.

Podle místa postižení dělíme nádory hrtanu na nádory *supraglottis*, *glottis* a *subglottis*.

Nádory *supraglottis* mají tendenci k lokálnímu šíření. Pokud je postižena volná část epiglottis, často se jedná o nádory, které rostou *exofyticky* a mohou poškodit *epiglottickou* chrupavku. Díky hojnému lymfatickému zásobení dochází u nádorů *supraglottis* k brzkému metastázování do uzlin krku.

Nádory *glottis* mohou mít jak *exofytickou*, tak *endofytickou* formu spojenou s infiltrativním růstem. Nejčastěji postihují přední dvě třetiny hlasivek, méně často přední komisuru a vzácně vycházejí ze zadní komisury. Další šíření nádoru a jeho růst je ovlivněn anatomickými poměry hlasivek. Chudá lymfatická drenáž činí metastázování malých nádorů velmi vzácným. Vazivová blána *conus elasticus* a vazy hlasové tvoří přirozenou bariéru bránící šíření nádoru do *paraglottického* prostoru. Pokud přesto dojde k šíření nádoru do této oblasti, může dojít ke zhoršení pohyblivosti hlasivek. [3] [4] [7]

Nádory *subglottis* jsou méně časté a obvykle méně diferencované. Mají tendenci prorůstat do okolních struktur, často rostou cirkulárně a zužují průměr průdušnice. Drenáž do

lymfatických uzlin je dobrá, a nádory metastazují nejčastěji do hlubokých, obtížně zjistitelných *pretracheálních* a *paratracheálních* uzlin.

Mezi klíčové diagnostické metody patří zvětšovací *laryngoskopie* a *fibrolaryngoskopie*. Pro ověření a stanovení rozsahu nádoru je doporučena přímá laryngoskopie.

U nádorů v oblasti nad hlasivkami je důležité zvážit možnost expanze nádoru do kořene jazyka a *paraglottického* prostoru; k přesnému určení rozsahu je v tomto případě užitečná magnetická rezonance. Pro posouzení pohyblivosti hlasivek je klíčové provedení stroboskopie, zejména u menších lézí. Pokud nádor protrhne bazální membránu, projeví se to jako defekt v slizniční fázi kmitu hlasivek při stroboskopickém vyšetření. Při pronikání nádoru do svaloviny hlasivek nebo hlasivkového vazů může dojít k poruše pohyblivosti celého postiženého hlasivkového ústrojí.

Zobrazovací metody, jako je CT a MR, nemají v raných stádiích *glottického karcinomu* význam pro stanovení rozsahu primárního nádoru. Jejich hlavní význam spočívá zejména v odhalení případných uzlinových metastáz. Pro zjištění regionálních metastáz je velmi užitečná sonografie krku.

1.6.5. Rakovina hrtanu

Rakovina hrtanu je často důvodem chirurgického zákroku. Přesná příčina vzniku tohoto typu nádorového onemocnění není dosud zcela známa. Avšak vědecké studie naznačují korelaci mezi vznikem rakoviny hrtanu a konzumací alkoholu a kouřením. Jinými slovy, lidé, kteří pravidelně kouří, nebo jsou vystaveni pasivnímu kouření, a zároveň konzumují velké množství alkoholu, patří do rizikové skupiny. Podle dostupných zdrojů kouří aktivně 90 % pacientů s touto nemocí. Tento typ rakoviny postihuje převážně muže ve věku 50 až 60 let, ale pozoruje se snižování průměrného věku pacientů. Z celkového počtu pacientů představují ženy asi 20 %. [2] [4] [7]

1.6.6. Příznaky onemocnění

Různé nádorová onemocnění v oblasti hrtanu se mohou projevovat různými způsoby. Mezi hlavní faktory ovlivňující počáteční příznaky patří umístění nádoru a jeho velikost. Pokud se nádor nachází přímo na hlasivkách, může se jednat o velmi rané stádium onemocnění, což se projevuje chrapotem. Většinou je chrapot způsoben krátkodobým postižením hlasivek viry. Pokud však chrapot přetrvá déle než tři týdny, je doporučeno navštívit odborného lékaře. [7]

U nádorů umístěných v ústí hrtanu a v polykacích cestách se mohou objevit jako příznak potíže s polykáním. Další možné příznaky zahrnují bolest v krku, jednostranné bolesti šířící se do ucha nebo nepříjemný pocit při polykání. I když krátkodobý výskyt těchto příznaků nemusí nutně znamenat rakovinu hrtanu, pokud potíže trvají déle než měsíc, je doporučeno pečlivé vyšetření lékařem. V závislosti na umístění nádoru se může objevit dráždivý kašel

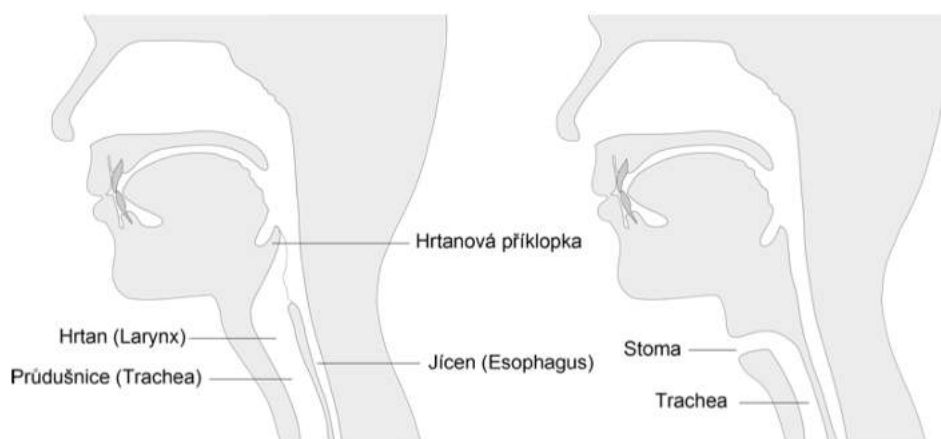
s možným vykašláváním krve. Dalším možným příznakem je vznik hrudky na krku. V takovém případě je vhodné okamžitě vyhledat lékaře.

Z uvedených znaků je patrné, že první příznaky vážného onemocnění mohou být podceněny, což výrazně snižuje šance na úplné uzdravení pacienta. V případě včasného diagnostikování rakoviny hrtanu či hltanu je pravděpodobnost úplného vyléčení pacienta bez trvalých následků více než 90 %. [2] [4] [7]

1.6.7. Léčba nádorového onemocnění

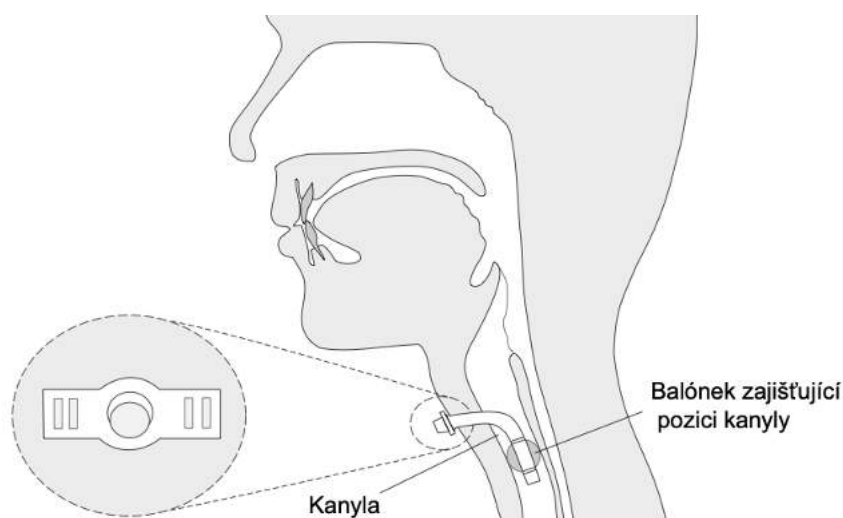
Neléčená rakovina hrtanu obvykle končí úmrtím jedince průměrně za 12 měsíců. To může být způsobeno udušením, krvácením, metastázami, infekcemi nebo kachexií (vážným vyhubnutím spojeným s tělesnou slabostí a poruchou orgánů). V případě nádorových onemocnění se většinou volí chirurgická léčba, aktinoterapie (ozáření) a chemoterapie. Tento přístup platí i pro rakovinu hrtanu a polykacích cest. Většina pacientů nejprve podstoupí chirurgický zákrok. Nejběžnějšími chirurgickými procedurami jsou *tracheostomie*, *parciální laryngektomie*, *totální laryngektomie* a *chordektomie*. Volba léčby závisí na zdravotním stavu pacienta, vlastnostech nádoru a pacientových preferencích. Prognostické biologické znaky také hrají stále důležitější roli při rozhodování o léčbě. Tento text se bude zabývat hlavně léčebnými postupy spojenými s úplným odstraněním hrtanu a hlasivek. [2] [4]

Totální laryngektomie (TL) je chirurgický zákrok, při kterém je úplně odstraněn hrtan. V některých případech může být odstraněna pouze jeho část. Hlavním cílem operace je odstranit orgán postižený rakovinným bujením a zabránit dalšímu šíření nemoci. Po odstranění hrtanu je také nutné trvale oddělit jícen a průdušnici, protože hrtanová přiklopka (*epiglottis*), která zabraňuje nežádoucímu vniknutí potravy nebo tekutin do dýchacích cest, již není přítomna. Obrázek č. 13 ukazuje rozdíl mezi zdravou osobou a osobou po totální laryngektomii. [4]



Obr. 13: Schéma dýchacích cest zdravého člověka (vlevo) a schéma dýchacích cest po totální laryngektomii (vpravo)

Důsledkem trvalého oddělení jícnu a průdušnice je zablokování průchodu vzduchu do plic. V takových případech je nezbytné provést společně s tracheální ligaturou také tracheotomii. Cílem této procedury je vytvořit otvor umožňující proudění vzduchu do plic a z nich ven. *Tracheotomie* se provádí i v situacích, kdy dojde k uzávěru hrtanu, například v důsledku alergické reakce na včelí žihadlo, otoku hrdla nebo úrazu krku, což může vést k dušení postižené osoby. Během *tracheotomie* je proveden řez skrz kůži a průdušnici, po němž je do vzniklého otvoru zavedena kanyla sloužící k dýchání. Obrázek 14 ilustruje oblast krku, kde je tato operační procedura obvykle provedena, a princip kanyly, a to i v případě, že se jedná o zdravého jedince. Uvedený stav může být dočasný (například v případě alergické reakce) nebo trvalý. [2] [3] [4]



Obr. 14: Tracheostomie

Další významnou metodou využívanou k léčbě nádorových onemocnění představuje *aktinoterapie*, známá též jako léčba ozařováním. Tento přístup spočívá v opakovaném vystavování pacienta ionizujícímu záření, které poškozuje buňky tím, že na ně přenáší svou energii. Avšak záření ovlivňuje i zdravé buňky, které by měly být odolnější vůči poškozujícím účinkům ionizujícího záření než buňky rakovinné. Tento léčebný postup je pro organismus značnou zátěží. K *aktinoterapii* se obvykle přistupuje nejen u pacientů, jejichž cílem je úplné vyléčení, ale i v případech, kdy není úplné odstranění rakovinného onemocnění možné, a to za účelem prodloužení a z kvalitnějšího života. *Aktinoterapii* lze využít jak jako hlavní léčebnou metodu (*primární aktinoterapie*), tak i v kombinaci s dalšími terapeutickými postupy.

V případě *primární aktinoterapie* je pacient léčen výhradně ozařováním, s cílem úplného odstranění všech defektních buněk. Tento léčebný postup je obvykle vhodný pro léčbu malých nádorů, z důvodu jeho účinků na lidský organismus a principu, na kterém je založen. V kombinaci s chirurgickou léčbou rozlišujeme před operativní, pooperační a tzv. *sandwichovou aktinoterapii* (tj. před a po chirurgickém zákroku). Předoperační ozařování se často používá v případech, kdy není možné nádor chirurgicky odstranit.

Jeho cílem je zmenšit tumor tak, aby bylo možné provést operaci. Předoperační ozařování může být někdy kombinováno s chemoterapií, jak je popsáno níže. Pooperační aktinoterapie má za cíl odstranit potenciální mikroskopické zbytky tumoru, které by mohly opět začít růst.

Často se v souvislosti s léčbou nádorových onemocnění hovoří o proceduře nazvané *chemoterapie*. Tato léčba spočívá v podávání léků, které zastavují buněčné dělení, tzv. *cytostatika*. Tuto terapii preferují především rychle se dělící buňky. Defektní buňky tvořící nádor obvykle mají narušené opravné mechanismy a jsou proto náchylnější k účinkům *cytostatik*, což vede k jejich zániku. Nicméně je důležité si uvědomit, že *chemoterapie* není cílená léčba. *Cytostatika* ovlivňují všechny buňky v těle, a proto je možné přirovnat ji k bombardování kobercem. Aplikace *cytostatik* může mít vedlejší účinky, jako je poškození ledvin nebo krvetvorby, které jsou považovány za závažné. [4]

Léčba nádorů v oblasti *supraglottis* (malé nádory v této oblasti) například mají vysoké riziko metastáz do krčních uzlin, a proto je léčebný přístup zaměřen nejen na samotný nádor, ale i na potenciální metastázy. Časná stadia *karcinomu supraglottis* mohou být léčena pomocí *radioterapie* nebo *parciální laryngektomií* (tzv. *epiglotektomie*).

U větších nádorů je doporučena chirurgická léčba s následnou *radioterapií*, *chemoradioterapií* nebo v některých případech *totální laryngektomií*. Mezi chirurgické postupy patří *supraglottická laryngektomie* a *totální laryngektomie*. Cílem první metody je odstranit postiženou část hrtanu, zachovat jeho funkce (zejména hlas a polykání), zatímco druhá metoda zahrnuje odstranění celého hrtanu. Pooperační rehabilitace vyžaduje vysokou pozornost k psychickému stavu pacienta a k jeho dýchacímu systému.

Léčba nádorů v oblasti hlasivek: V případě malých nádorů bez nebo s minimálním postižením okolních lymfatických uzlin se obvykle snažíme o použití jediné léčebné metody. U rozsáhlejších lézí se častěji používají kombinované přístupy. Začínáme s léčbou buď *radioterapií* nebo chirurgickým zákrokem, které šetří funkci hlasivek. Obecně se přikláníme k radioterapii, která často přináší lepší funkční výsledky. Pětileté přežití se u obou metod, *primární radioterapie* a primární chirurgické léčby, pohybuje kolem 90 %.

Rozsáhlejší nádory, které jsou chirurgicky řešitelné, mohou vyžadovat celkové odstranění hrtanu (*totální laryngektomie*), případně může být operace rozšířena o částečnou nebo úplnou *faryngektomii*.

Léčba nádorů *subglottis* se často řeší kombinací chirurgických a radiačních postupů. Standardní přístup zahrnuje *totální laryngektomii* následovanou *aktinoterapií*, s ohledem na možné šíření nádorových buněk. V některých případech je nutné rozšíření operace o *tyreoidektomii* a blokovou krční disekci kvůli potenciálním *metastázám*. U pokročilých nádorů hrtanu je *totální laryngektomie* často preferovanou metodou. Avšak u některých pacientů je preferována konzervativní léčba s cílem zachovat postižený orgán. Zde se uplatňují

dva hlavní přístupy: *indukční chemoterapie* následovaná *radiační terapií* a *konkomitantní radiochemoterapie*, které mohou být alternativou k chirurgickému odstranění hrtanu.

V poslední dekádě se začala v léčbě neoperovatelných nádorů hlavy a krku používat *konkomitantní chemoradioterapie*. Tato metoda se obvykle doporučuje pro rozsáhlé neoperovatelné nádory.

Standardní léčebnou kombinací jsou *Pt-preparáty* spolu s *5-fluorouracilem*, avšak *cytostatika* z *taxanů* získávají stále větší pozornost. Pro operovatelná stadia se častěji používá *indukční chemoterapie* následovaná *radioterapií*. Orgán šetřící protokoly se zaměřují na zjištění senzitivity nádoru k *chemoterapii*, což může naznačovat jeho citlivost na *radioterapii*. Pacienti podstupují dva cykly *chemoterapie*, a pokud dojde alespoň k částečné remisi nádoru, následuje třetí série s *radioterapií*. Pokud nedojde ke změně nebo se nádor zhorší, může být nezbytná *totální laryngektomie*. Různá výzkumná pracoviště provedla podobné studie s výsledkem zachování hrtanu přibližně u 60 % pacientů. V léčbě nádorů hrtanu získává *chemoterapie* samotná nebo v kombinaci s *radioterapií* stále větší důležitost.

1.7. Diagnostická vyšetření

Tyto metody zahrnují nepřímou *laryngoskopii*, *přímou laryngoskopii* a *laryngostroboskopii*.

1.7.1. Nepřímá laryngoskopie

Tato technika byla původně objevena zpěvákem Garcíou a následně zdokonalena fyziologem Czermakem. Dodnes zůstává jednou ze základních diagnostických metod. *Nepřímá laryngoskopie* pomocí zrcátka se dnes již příliš nepoužívá, obvykle jen při lokální aplikaci léků na hlasivky.

V současnosti při *nepřímé laryngoskopii* se využívá optika a studené vedení světla různými světlovody. Lékař má možnost volby mezi pevnou a ohebnou technikou podle preferencí foniatra, avšak existují spory ohledně vhodnosti jednoho či druhého přístupu. V obou případech lékař vidí na obrazovce hlasovou štěrbinu s hlasivkami. Pevná technika navíc umožňuje zvětšení obrazu. Při použití flexibilní optiky je tato zavedena přes dutinu nosní, nosohltan, středohltan do dolní části hltanu, případně až do nadhrtanového prostoru.

Použití ani jedné z těchto technik není zcela fyziologické, zejména pokud je nutné aplikovat lokální anestezii kvůli nadměrnému polykacímu reflexu pacienta. Obě metody je třeba chápat jako čistě diagnostické. [1]

1.7.2. Přímá laryngoskopie

Přímá laryngoskopie (viz obr. 15) je v oblasti foniatrie používána především při *fonochirurgických* zákrocích v hrtanu. Pro diagnostické účely je indikována pouze u velmi malých dětí, u nichž se podezřívá *papilomatoza*. Někteří chirurgové však i při operačních

zákrocích v hrtanu upřednostňují *nepřímou laryngoskopii* pod mikroskopem (Novák, 1996).
[1]



Obr. 15: Laryngoskop – různé velikosti pro přímou laryngoskopii

1.7.3. Laryngostroboskopie

Laryngostroboskopie v podstatě využívá optickou iluzi. Hlasivky kmitají během fonace rychleji, než je schopno lidské oko zaregistrovat, které zachytí maximálně 20 kmitů za sekundu. Princip *stroboskopie* spočívá v tom, že kmitající objekt není osvětlován kontinuálním světelným zdrojem (jako u *nepřímé laryngoskopie*), ale světelným zdrojem, který rovněž kmitá. Pokud jsou světelné záblesky dokonale synchronizovány s kmitáním pozorovaného objektu, světlo dopadá na pozorovaný objekt vždy ve stejné fázi kmitu a objekt se zdá být v klidu. [1]

Pokud však frekvence záblesků světla a kmitů pozorovaného objektu se jen nepatrně liší, kmitající objekt je osvětlen vždy v jiné fázi kmitu, což nám umožňuje pozorovat tyto fáze, protože dojde k zdánlivému zpomalení pohybu kmitajícího objektu.

Princip *stroboskopu* byl současně popsán Plateauem a Stamperem v roce 1833. Do *laryngoskopie* byla tato metoda zavedena Oertelem v roce 1879. Při stroboskopickém vyšetření se hodnotí pravidelnost kmitání hlasivek, amplituda kmitů, přesnost uzavěru hlasivek ve fázi uzavření, posun mediálního okraje směrem laterálním. Toto vyšetření je nezbytné při hodnocení fyziologie tvorby hlasu, poskytuje informace o tom, zda je hlas, ať už mluvený nebo zpívaný, formován správnou technikou. Omezení nebo ztráta schopnosti kmitání hlasivek svědčí o patologickém procesu, který proniká do hlasivek do hloubky (Novák, 1989).

1.7.4. Funkčně – diagnostická vyšetření

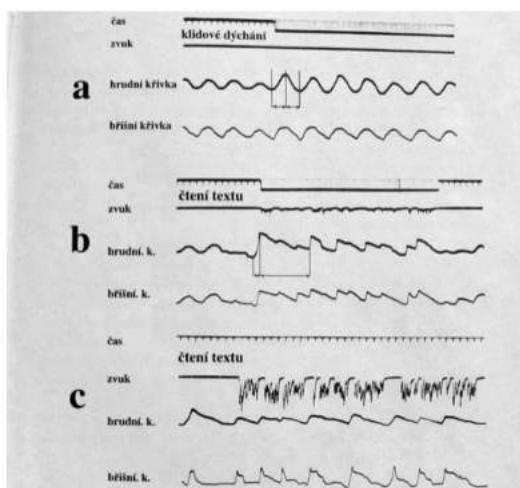
V této oblasti je celá řada metod, z nichž některé mohou být považovány za méně či více fyziologické, pokud vezmeme v úvahu vyšetření fonetické funkce.

1.7.5. Pneumografie

Spolu s uvedenou *pneumotachografií* patří mezi metody založené na vyšetření techniky dýchání nebo množství a rychlosti proudu vzduchu procházejícího hlasovou

štěrbinou. *Pneumografie* zobrazuje dýchací pohyby hrudního koše pomocí přístroje pneumografu a sleduje změny dechového rytmu při změně zvuku.

Snaha o vyšetření dýchání během fonace, a především různých druhů fonace (mluvní hlas, zpěvní hlas) má již dlouhou historii. První zaznamenal dýchací pohyby pomocí pásové pohyblivého *pneumografu* Gutzmann, který změny tlaku v tenkostěnné gumové hadici přenášel a zaznamenával pomocí Mareyova bubeníku na *kymografu*. Při pneumografickém vyšetření jsou obvykle registrovány dvě křivky – hrudní a břišní, synchronně je zaznamenávána přítomnost zvukového signálu (hlasu). Na výsledném grafu se hodnotí dechová frekvence při klidném a hlubokém dýchání, poměr nádechu k výdechu při dýchání a fonaci, vztah mezi hrudní a břišní křivkou a jejich synchronizace, část výdechu během různých způsobů fonace (mluvení, čtení, zpěv), nasazení hlasu, zvýšený fonální tlak, bránicová opora a délka fonace. [1]



Obrázek č. 26: Ukázka výsledků pneumografie

- a) normální dechová frekvence, klidové a hluboké dýchání. Šipky označují konec vdechové a výdechové části křivky – poměr vdech : výdech 1 : 1,1.
- b) dýchání během mluvního projevu, posuzuje se poměr vdechové a výdechové části křivky, poměr činí na obrázku 1 : 6, asymetrie křivek (výdech v břišní křivce předchází výdech v hrudní křivce o 0,3 s) a jejich průběh.
- c) tvrdé hlasové začátky se jeví jako hroty na výdechové části křivky, na obrázku v břišní křivce, pozvolný výdech, spíše konvexní průběh křivky svědčí pro zvýšený fonální tlak.

Novák, 1996

Obr. 16: Ukázka výsledků pneumografie + popis

1.7.6. Pneumotachografie

Toto zkoumání se zaměřuje na měření rychlosti proudu a objemu vzduchu procházejícího *glotis*, na měření *subglotického* tlaku a výpočet různých koeficientů z naměřených hodnot. Pro výpočet některých ukazatelů je třeba určit vitální kapacitu plic.

Při zkoumání má zkoumaná osoba na ústech nasazenou masku a ucpané nosní dírky. Proud vzduchu během fonace je detekován pomocí citlivého snímače; celkové množství vzduchu spotřebovaného při fonaci je vypočteno získáním grafického záznamu během fonace. Současně je zaznamenán zvuk pomocí mikrofону; tento záznam slouží především ke kontrole intenzity fonace a její frekvence. [1]

1.7.7. Sonografická analýza

Sonografická analýza je metodou, která zkoumá spektrum hlasu nebo řeči. Dříve bylo toto spektrum vypočítáváno matematicky, což byl velmi pracný a zdoluhavý postup.

V čtyřicátých letech byl v Bell Telephone Laboratories vyvinut přístroj, který umožňoval grafické znázornění spektra hlasu nebo řeči. Na jeho konstrukci se podíleli Potter, Kopp a Green. Princip přístroje spočíval v tom, že zvukový signál byl zaznamenán na magnetický kotouč s délkou záznamu 2,5 s. Signál při reprodukci procházel akustickým filtrem, který se posouval od 0 Hz až do 8000 Hz. Šířka filtru byla 300 nebo 45 Hz, takže propouštěl pouze určité frekvence spektra. Jejich obraz byl elektricky zaznamenán na papír, kde intenzita signálu byla znázorněna různými stupni zčernání, od bílé až po zcela černou. Spektrem bylo možno vést tzv. řezy, které ukazovaly akustické složení zvuku v daném okamžiku, což jsou analýzy okamžitého spektra. Pozdější zařízení umožňovala spojení oblastí se stejnou intenzitou, vytvářel se tak vrstevnicový obraz. Jeden stupeň odstínu znamenal změnu intenzity o 6 dB.

Použitím filtru s frekvencí 45 Hz jsou zobrazeny individuální harmonické tóny, které jsou násobky základního (hrtanového) tónu. Při použití širokého filtru s frekvencí 300 Hz jsou dobře viditelné jednotlivé formanty. Formant odpovídá rezonanci dutiny, která zesílí frekvenci, na kterou je naladěna. České samohlásky mají tři formanty. První odpovídá rezonanci dutiny, která je vymezena *supraglottickým* prostorem a hranicí mezi kořenem jazyka a přechodem měkkého v tvrdé patro. Druhý formant se nachází v dutině mezi zvednutým kořenem jazyka, hranicí tvrdého a měkkého patra a zadní hranou řezáků. Třetí formant odpovídá rezonanci nosohltanu a dutiny nosní a za normálních okolností je jen slabě vyznačen. Hlasové poruchy mají v *spektrálním sonografickém* obraze charakteristický vzhled. Pro *hyperkinetickou dysfonii* je typické, že akustická energie je rozložena v celém spektru, s větším množstvím akustické energie ve vyšších frekvencích než u normálního hlasu. Naopak při *hypokineticke dysfonii* je akustická energie soustředěna do nižších frekvencí. [1]

1.7.8. První umělé hrtany a rehabilitace

První *laryngektomii* kvůli *stenóze* hrtanu provedl skotský chirurg Watson v roce 1866. Poté následovala první *laryngektomie* z důvodu zhoubného nádoru provedena Dr. Theodorem Billrothem 31. prosince 1873 ve Vídni a dodnes se provádí podobným způsobem. Billrothovy rané pokusy s *larynxem* a *laryngektomií* se zaměřovaly na nalezení způsobu, jak umožnit pacientům komunikovat pomocí náhradního hlasu, a jeho asistent Gussenbauer hrál v tomto procesu klíčovou roli. Gussenbauer je připomínán jako průkopník v konstrukci prvního náhradního hrtanu. Tento náhradní hrtan přiváděl vzduch z *tracheostomie* do ústní dutiny pomocí trubice s reproduktorem. Zvuk z reproduktoru sloužil jako základ pro vytvoření náhradního hlasu. Tato zařízení však byla nedokonalá, často docházelo k úniku slin do dýchacích cest, a trubice vedoucí od *tracheostomie* ke tváři a do ústní dutiny byla zřetelně viditelná. Později se snahy o konstrukci protézy přesunuly k hledání alternativních fonetických mechanismů. V roce 1859 popsal Czermak případ dívky, která po *tracheostomii* kvůli *stenóze* hrtanu byla schopna mluvit. Podrobně popsal, že hlas vzniká vibracemi vzduchu ve *faryngu*.

Rehabilitace hlasu po *laryngektomii* v období dvacátých let 20. století přitahovala jen malou pozornost. V roce 1908 Gutzmann popsal pouze 25 pacientů, kteří dosáhli schopnosti mluvit po chirurgickém odstranění hrtanu. Poté, v roce 1924, Seman publikoval důležitou práci

s názvem "*Experimentální a fyziologické studie o vzniku řeči bez hrtanu a zejména řeči oesofageální*". Od té doby začal moderní výzkum *fyziologie a patofyziologie* tvorby hlasu po chirurgickém odstranění hrtanu (Novák, 1996).

V současné době se používají tři hlavní metody pro rehabilitaci a nácvik alternativního fonetického mechanismu u pacientů po laryngektomii: nácvik hlasu pomocí *jícnu*, použití *elektrolarynxu* nebo *tracheozofageální* protézy.

Je zřejmé, že i přes velkou šanci na úplné uzdravení má pacient často trvalé následky léčby, jako je například trvalá ztráta hlasu. Tato ztráta hlasu často nastává v důsledku nedostatečného rozpoznání prvotních příznaků vážného onemocnění. Odstranění hrtanu kvůli rakovině může způsobit ztrátu hlasu, což je jedním z hlavních problémů, kterým čelí pacient.

Tento problém je umocněn skutečností, že rakovina hrtanu má dobré přežití, pokud je identifikována a ošetřena včas.

1.8. Rehabilitace hlasu po totální laryngektomii

Nezpochybnitelnou výhodou *totální laryngektomie* je bezesporu odstranění primárního nádorového onemocnění. Nicméně operace nese s sebou obrovský dopad na kvalitu života pacienta. Nejzřetelnější změnou je přítomnost otvoru na krku po provedeném chirurgickém zákroku, který ovlivňuje způsob dýchání. Vdechovaný vzduch přímo do *tracheostomie* není filtrován, zahříván ani zvlhčován, což zvyšuje náchylnost pacientů k respiračním onemocněním. [53]

Je možné předpokládat, že pro samotného pacienta je jedním z nejtěžších úkolů vypořádat se s trvalou ztrátou vlastního hlasu. Z toho důvodu se již samotný autor operačního zákroku, doktor Billroth, zabýval otázkou rehabilitace hlasu. Jeho první pokusy s kovovou *tracheostomickou kanylou* sice umožňovaly pacientovi mluvit, ale svou konstrukcí spíše ohrožovaly pacienta na životě, proto se častěji uplatňovala metoda tzv. *jícnového hlasu*.

Ve stejnou dobu, tedy na začátku minulého století, začaly vznikat také hlasové přístroje. V současnosti se rehabilitace hlasu provádí s využitím *foniatických metod*, *chirurgicko-protetickým* způsobem, vytvořením hrtanu podobných struktur chirurgickým způsobem a transplantací hrtanu.

Zdá se, že existuje široká škála možností, jak pacientovi obnovit schopnost vyjadřování pomocí mluvené řeči. Nicméně je důležité si uvědomit, že výběr konkrétní metody závisí na stavu a schopnostech pacienta. Jinými slovy, ne každá metoda je vhodná pro každého pacienta a žádná z metod není univerzální. [53]

1.8.1. Foniatické metody

Odstranění hrtanu nevyhnutelně vede ke ztrátě hlasu. Nicméně to neznamená, že by schopnost produkovat řeč byla úplně eliminována. Při vytváření hlasu hraje odstraněný orgán

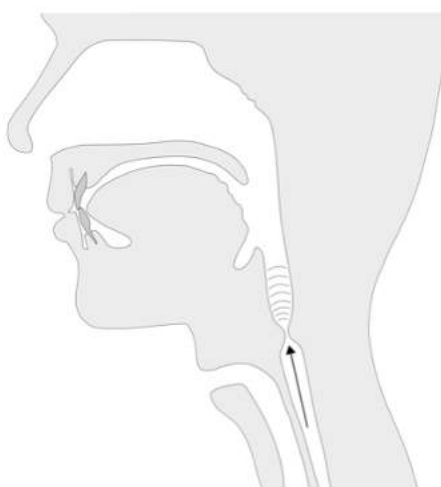
pouze, i když velmi důležitou, roli generátoru zvuku. Ostatní orgány, jako je hrdelní, nosní a ústní dutina, zůstávají nedotčeny a mohou nadále plnit svou funkci. Z toho logicky vyplývá myšlenka nahradit chybějící zdroj zvuku jiným. Tento princip využívají metody jako je jícnový hlas a produkce řeči s využitím *elektrolarynxu*. [4] [53]

1.8.2. Jícnový hlas

První záznamy o využívání jícnového hlasu se datují do roku 1922, kdy profesor MUDr. Miloslav Seeman potvrdil předpoklad, že funkce štěrbiny mezi hlasivkami (*rima glottidis*) přebírá tzv. pseudoglottis, která se vytváří na úrovni horního jícnového svěrače, a vyvinul metodu vytváření jícnového hlasu. Seemanův zásadní přínos v této oblasti spočíval v identifikaci místa, kde se tvoří náhradní „*hrtanový*“, základní tón. Autor spolehlivě prokázal, že tímto místem je jícnový svěrač *m. constrictor pharyngis inferior (m. Killiani)*.

Vypracoval a popsal metodu náplně vzduchu do jícnu – aspirační metodu. Princip tvorby jícnového hlasu spočívá v tom, že vzduch nenaplňuje plíce, ale jícen. Tím si pacient připravuje potřebný vzduch k následné erupci vzduchu a produkci řeči. Vlastní jícnový hlas vzniká na přechodu jícnu a *hypofaryngu* (spodní část hltanu). [4] [31] [53]

Následně v oblasti horního jícnového zúžení dochází k rozkmitání sliznice a podslizniční vrstvy, a tedy k produkci zvuku, který je následně modulován stejně jako v případě přirozené produkce řeči. Princip tvorby "základního" tónu jícnového hlasu je znázorněn na obrázku 15.



Obr. 17: Princip produkce jícnového hlasu;
Průchodem vzduchu vzniká základní tón jícnového hlasu

Podle způsobu plnění jícnu vzduchem rozlišujeme mezi aspirační metodou a injekční metodou. Zatímco aspirační metoda spočívá v plnění jícnu vzduchem pomocí polykání, u injekční metody je k tomuto účelu využíván kořen jazyka, kterým je vzduch vtlačován do jícnu. Následný princip produkce hlasu je pro oba případy stejný. Injekční metoda plnění jícnu vzduchem je využívána u pacientů, kterým byla při *laryngektomii* odstraněna hrtan. V těchto případech není možné jícen naplnit aspirační cestou. [31] [53]

Proces identifikace hlasu by měl začít co nejdříve po operaci. Ideálně by se výuka měla začít ještě během pobytu pacienta na ORL klinice nebo krátce po propuštění. V první fázi se pacient učí pouze slabiky obsahující explozivní a souhláskové prvky.

Postupně se přidávají slabikové shluky, které sice nemají smysl, ale pomáhají v osvojení potřebné techniky. Po úspěšném zvládnutí se přistupuje k procvičování frází a souvislé řeči. Potřebnou dobu k procvičení jícnového hlasu nelze přesně určit, protože závisí na mnoha faktorech. V literatuře se uvádí, že pro úspěšné osvojení techniky jícnového hlasu je potřeba 30 až 50 hodin velmi intenzivního tréninku. [4] [31]

Míra úspěšnosti procvičování srozumitelného hlasu se pohybuje mezi 14 % až 75 %. Mezi možné příčiny, které mohou významně ovlivnit zvládnutí techniky jícnového hlasu, patří fyziologické potíže, anatomické problémy, psychologické obtíže nebo jednoduše nedostatečná podpora při řečové terapii [6]. Významnou roli také hraje snaha a odhodlání samotného pacienta. [31]

Využití metody jícnového hlasu má jasnou výhodu v tom, že při rehabilitaci hlasu není pacient závislý na lékaři. Navíc chirurgickým zákrokem je zajištěno trvalé oddělení dýchacích a polykacích cest, což eliminuje riziko vniknutí potravy do dýchacích cest.

Další nezpochybnitelnou výhodou pro pacienty, kteří ovládají techniku jícnového hlasu, je možnost mluvit s volnými rukama. Jako nevýhodu lze obecně považovat nižší srozumitelnost produkovaného hlasu. Tento jev je způsoben tzv. "břišním" zabarvením, které se vyskytuje při používání metody jícnového hlasu, a dále nízkou intenzitou hlasu a krátkou výdrží mluvčího při tvorbě tónu. Dalším negativem je množství úsilí, které pacient musí vynaložit k osvojení této techniky. Často se také mluvčí ostýchají používat jícnový hlas, protože mají pocit, že je společensky nepřijatelné dorozumívat se formou, která připomíná říhání. Z tohoto důvodu se odhaduje, že v běžném životě používá jícnový hlas pouze 20 % - 30 % pacientů, kteří se tuto techniku naučili. [4] [53]

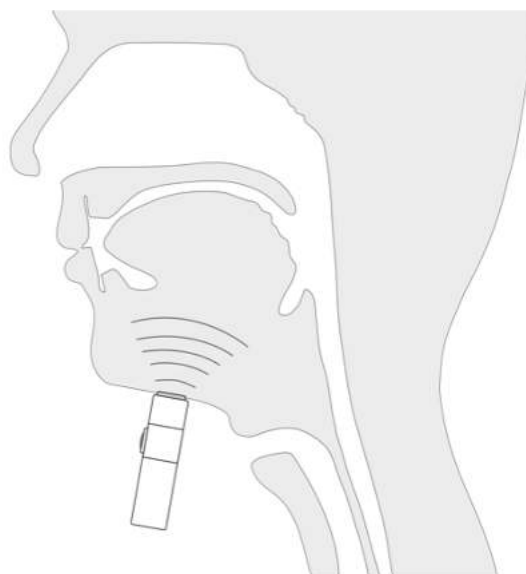
Autoři zjistili, že při odstranění hrtanu během laryngektomie není možné použít aspirační náplň. Kvalita jícnového hlasu byla hodnocena různými způsoby, přičemž jedním z často používaných hodnotících nástrojů byla stupnice vyvinutá Robeovou, která zahrnuje několik úrovní, které popisují schopnost řeči od absencí po plynulou a bezproblémovou.

1.8.3. Elektrolarynx

Rehabilitace hlasu pomocí přídavného zařízení, nazývaného *elektrolarynx*, patří mezi tzv. elektromechanické metody. Princip této metody spočívá v použití speciálního zařízení obsahujícího elektrického generátoru zvuku, jehož membránu pacient přiloží na měkké části krku nebo častěji do *submandibulární* oblasti, kde vzniká zvuk přenosem vibrací (viz obr. č. 19). Tento generátor zvuku, součástí *elektrolarynxu*, pomáhá přenášet zvuk a vibrace nejen do dutiny ústní, ale i do přilehlých artikulačních orgánů. Následně je pacient schopen běžným způsobem artikulovat, a tedy i mluvit. Existuje i několik *intraorálních elektrolaryngů*, ale jejich

použití není příliš rozšířené. Princip vytváření hlasu pomocí *elektrolarynxu* je znázorněn na obrázku 16. [31] [53]

Takováto syntetická řeč má několik charakteristických znaků. Za prvé působí velmi mechanicky, což je způsobeno samotným *elektrolarynxem*, což je elektromechanický generátor zvuku s konstantním buzením. Z tohoto důvodu je základní frekvence vyprodukovaného hlasu v podstatě stálá a mluvčí má jen omezené možnosti vyjádřit emocionální náboj řeči. Byly sice pokusy o ovlivnění základní frekvence produkované řeči, při kterých bylo možné vyvolat změnu buzení frekvence *elektrolarynxu*, ale tyto snahy selhaly, protože se ukázalo velmi obtížné najít vhodný mechanismus, jak dosáhnout optimální změny základní frekvence mluvené řeči s ohledem na obsah sdělení. Dalším charakteristickým rysem hlasu produkovaného pomocí *elektrolarynxu* je jeho nižší srozumitelnost. K tomu dochází kvůli přítomnosti zvukového pozadí generovaného přístrojem. Srozumitelnost se dále snižuje s rostoucím okolním hlukem, což často vede k tomu, že posluchač, který se s takovouto syntetickou řečí setká poprvé, není schopen plně porozumět tomu, co je řečeno. [4] [31] [32]



Obr. 18: Princip vzniku hlasu pomocí elektrolarynxu

Výhody této metody rehabilitace hlasu zahrnují schopnost rychle se naučit znovu produkovat řeč. Navíc je vhodná pro téměř všechny pacienty postižené ztrátou hlasu v důsledku odstranění hrtanu nebo jeho poškození a je poměrně často používaným prostředkem vyráběný celou řadou výrobců. V České republice jsou k dispozici *elektrolaryngy* typu Servox Inton, Žemlička a Bivona.

Mezi nevýhody lze obecně řadit kvalitu produkované řeči, která může znít monotónně a mechanicky. Jako určité omezení lze považovat nutnost používání *elektrolarynxu* jako přidavného zařízení při mluvení. Nevýhodou se také může považovat i vysoká cena.

Při neúspěšné rehabilitaci hlasu je dlouho *elektrolarynx* jedinou další možností. Jeho použití k vytvoření náhradního hlasu se zdá být jednoduché, ale má své obtíže. U pacientů po

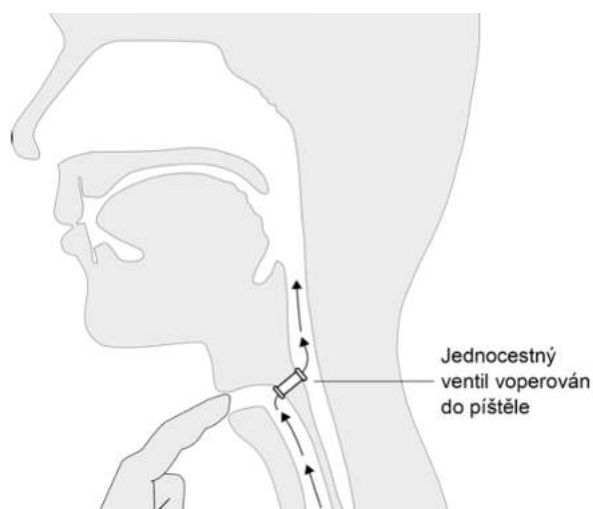
radioterapii je často obtížné nalézt vhodné místo pro přenos vibrací, aby "hlas" byl srozumitelný a artikulace dobře vyzněla. Proto je často nutné individuálně nastavit frekvenci vibrací, což není možné u všech přístrojů. Další obtíží může být neustálé nošení *elektrolaryngu* a náhradního akumulátoru, blokování jedné ruky při mluvení, a dobíjení akumulátorů. [31]

1.8.4. Chirurgicko-protetická metoda

Další možností rehabilitace hlasu po chirurgickém odstranění hrtanu je vytvoření *tracheozofageální* protézy neboli chirurgického spojení mezi průdušnicí a jícnu, aby mohl pacient s tracheostomií opět dýchat vzduch z plic do úst. Tato metoda spočívá v tom, že při výdechu pacient uzavře chirurgicky vytvořený otvor (*stoma*) v krku. Vzduch proudí skrz trubici do oblasti jícnu, kde narazí na jeho stěny a způsobuje jejich vibrace. Tyto vibrace jsou poté upravovány pomocí artikulačních orgánů, čímž vzniká řeč. [53]

Historicky první zmínka o vytvoření spojení mezi průdušnicí a jícnem pochází z roku 1932, kdy doktor Guttman provedl první *tracheozofageální shunt*. Hlavním cílem chirurgů bylo vytvoření bezpečného a správně orientovaného průchodu umožňujícího tvorbu hlasu. Bohužel, v mnoha případech byly tyto zákroky provázeny vážnými komplikacemi, jako jsou infekce, záněty nebo těžké krvácení. Operatěři se museli také vypořádat s udržení stability vytvořeného otvoru, aby tekutiny neprotékaly špatným směrem a nedocházelo k jejich zatékání do dýchacích cest. Metodu *tracheozofageální* protézy poprvé použil Assai v roce 1960, ale úspěšnějším průkopníkem byl Staffieri v roce 1973, který operativně vytvořil tzv. *neoglottis fonatorius*. Tuto metodu dále rozvinuli Singh a Hardcastle.

Vzhledem k obtížnosti těchto operací a vysokému riziku, které s nimi bylo spojeno, došlo v 80. letech 20. století k jejich opuštění. Novou éru zaznamenaly s příchodem první protézy ve formě jednosměrného ventilu, který zajišťoval pouze jednosměrný průchod tekutin skrze spojení, jak je ilustrováno na obrázku 2.5. První komerčně dostupná protéza se objevila také v 80. letech 20. století v USA. [4] [53]



Obr. 19: Průchod vzduchu tracheozofageální protézou

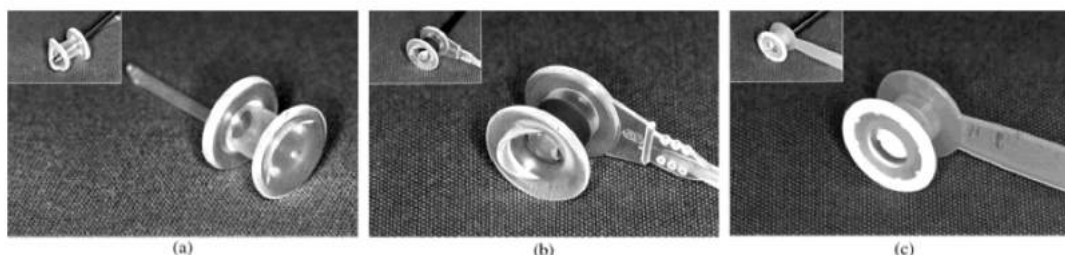
Principem operace je vytvoření *tracheofaryngeálního shuntu*, který funguje jako ventil, otevírající se pouze při výdechu s uzavřeným *tracheostomem*. Tato metoda byla s různými úspěchy používána na různých pracovištích. Nevýhodou je relativně časté riziko aspirace potravy nebo slin a možná změna velikosti fistule. Pro řešení problému aspirace se používá jednocestný ventil vložený do *tracheozofageální* fistule. Tento ventil bývá nesprávně označován jako "*hlasová protéza*". Pro tvorbu hlasu se využívá proud vzduchu, který proudí přes uzavřený *tracheostom* a rozkmitává stěny *faryngozofageálního segmentu*. Jedná se tedy o přirozenou cestu pro vznik zvuku. Tento hlas je dostatečně silný, kvalitní a individuálně zabarvený.

Zvuk tedy není tvořen samotnou "*hlasovou protézou*". Asi 80–90 % pacientů s těmito protézami se naučí plynulé řeči. Procedura zahrnuje chirurgické vytvoření *tracheozofageální fistuly* a zavedení hlasové protézy. Úspěch rehabilitace závisí zejména na napětí *faryngozofageálního segmentu*, ochotě pacienta ke spolupráci a typu zvolené protézy. V posledních letech došlo ke značnému rozvoji nové generace nízko odporových ventilů, což rozšiřuje možnosti rehabilitace hlasu touto metodou pro větší skupinu pacientů. Nejčastěji používanými protézami jsou Blom-Singer, Panje, Groningen, Provox a Bivona (Slavíček, 2004).

Požadavky na používané protézy jsou velmi přísné a musí splňovat určité specifikace. Jejich materiál musí být biokompatibilní a odolný vůči biodegradaci, což zajišťuje jejich dlouhodobou životnost a správnou funkci. Důležitým faktorem je také samo fixace protézy a její snadná výměna. Pro zajištění správné funkce je potřeba navrhnout protézu tak, aby tlak potřebný k otevření *faryngozofageálního segmentu* byl co nejnižší, což umožní pacientovi plynulou řeč. První vyráběné protézy měly tendenci vykazovat příliš vysoký tlak potřebný k otevření, což omezovalo počet potenciálních pacientů. Nejmodernější protézy již disponují velmi nízkým otevíracím tlakem pro řeč. [4] [53]

Doba životnosti jedné protézy nebo interval mezi výměnami se pohybuje od dvou týdnů do osmi měsíců. Jako u každé chirurgické metody i tento postup nese určité procento komplikací. Jedná se o komplikace spojené s *tracheozofageální punkcí* a s používáním protézy nebo její výměnou. V porovnání s úspěšností edukace jícnového hlasu je efektivita protézy častější a možnost tvorby řeči je přínosem i pro pacienty, kteří se nezdařeně pokusili o jícnový hlas. Většina pacientů tvoří s protézou kvalitní a srozumitelný hlas, jehož kvalita se liší v závislosti na délce fonace a případných problémech s uzavíráním nebo protékáním vzduchu kolem *tracheostomie*. Pro hodnocení kvality hlasu u pacientů s nově zavedenou protézou je očekáváno, že s délkou používání protézy vzroste i kvalita hlasu. Jedním z pozorovaných důvodů nekvalitního hlasu bylo například nadměrné fonační úsilí při pokusu o prodechnutí fistuly. Kvalita života pacientů po *totální laryngektomii* závisí také na správné funkci plic, která je klíčová pro rehabilitaci hlasu. Důležitou součástí komplexní rehabilitace je proto také rehabilitace dýchání. Pro snížení rizika záživacích potíží se používá plicní rehabilitace a dechová cvičení, která zlepšují fyzickou kondici pacientů. Mezi pomocné prostředky patří *stoma filtr*, který snižuje riziko vzniku pocitu dušnosti.

V praxi se využívá několik druhů hlasových protéz, které se liší zejména v tom, zda se pacient přímo podílí na výměně ventilu. Tento ventil zajišťuje základní funkci, kterou je vytvoření průchodu pro proudění vzduchu z průdušnice do jícnu. Protéz, které vyžadují operační výměnu, se obvykle používají po dobu 3 až 6 měsíců. Tato doba používání je ovlivněna tvorbou biofilmu na povrchu náhrady, která vzniká v důsledku kontaktu s tělními tekutinami a potravou. Rychlost tvorby biofilmu závisí na tvaru a materiálu protézy. U protéz, které si může pacient vyměnit sám, se předpokládá, že budou čištěny nebo měněny přibližně každé dva týdny. Na obrázku 18 jsou ukázány některé typy používaných protéz. [4]



Obr. 20: Fotky používaných TE protéz
 (a) Gronigenova nízkotlaká protéza, (b) Provox2 a (c) Blom–Singer protéza

Samotný zákrok zavedení protézy je možné provést buď současně s *totální laryngektomií* (tzv. primární zavedení hlasové protézy) nebo až po zotavení pacienta z náročné léčby nádorového onemocnění (tzv. *sekundární zavedení*). Primární zavedení umožňuje zahájit hlasovou rehabilitaci krátce po odstranění hrtanu, čímž se pacient vyhne nutnosti podstoupit další operační zákrok, při kterém by se do vytvořené fistule vkládal jednocestný ventil. [53]

V praxi bylo zjištěno, že úspěšnost rehabilitace pomocí této techniky přesahuje 80 %. Klíčovým faktorem, podobně jako u metody jícnového hlasu, je funkčnost *faryngozofageálního segmentu*. Důležitou roli hraje také otevírací tlak horního jícnového svěrače. Hlas vytvořený protézou se vyznačuje vysokou kvalitou, dobrou srozumitelností, individuálním zabarvením a relativně dlouhou dobou fonace, která průměrně dosahuje 20 sekund. Na rozdíl od jícnového hlasu není potřeba tak intenzivního školení pacienta pro plné osvojení hlasu.

1.8.5. Hrtanu podobné struktury

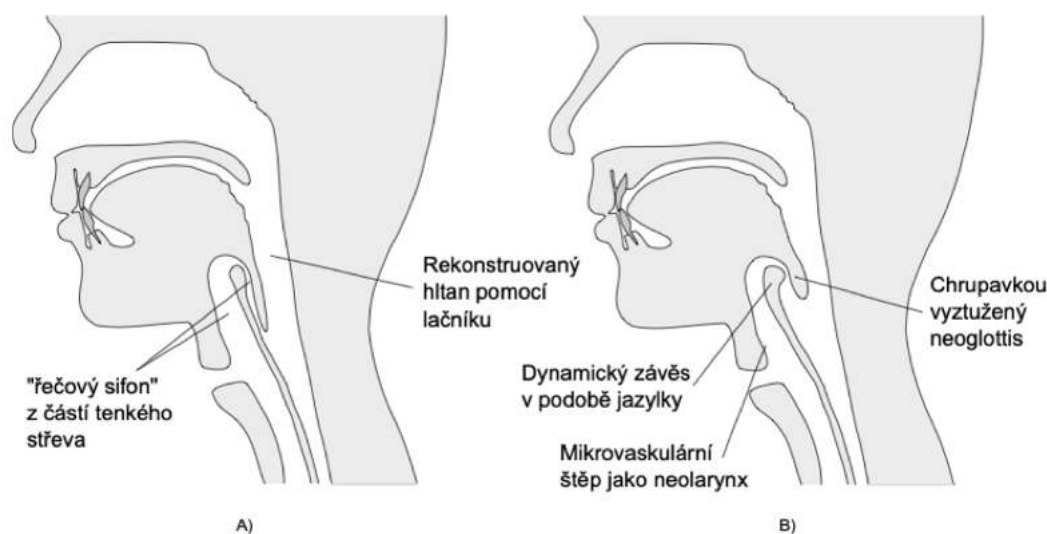
S nárůstem využití *mikro vaskulárních transplantátů* se objevily nové metody, které umožňují obnovení hlasu pomocí chirurgického zákroku. Tyto techniky jsou založeny na trvalém spojení *hypofaryngu s tracheou* za použití pacientovi vlastní tkáně.

Doktor Ehrenberger v roce 1984 popsal první metodu tohoto druhu, kterou nazval "*řečový sifón*" (anglicky "*speech siphon*"). Tato technika spočívá ve vytvoření esovitě zakřiveného spojení mezi hrtanem a hltanem za použití části tenkého střeva nazývaného *jejuno (lacník)*. Dvojitě zakřivení je navrženo tak, aby minimalizovalo riziko *sekundární*

aspirace. Schéma "řečového sifónu" podle Ehrenberga je znázorněno na obrázku 19. Je zřejmé, že se jedná o chirurgický zákrok náročný.

První publikované články od tohoto týmu autorů prokázaly výjimečný úspěch dané metody. Pomocí této metody dosud léčeno přibližně 60 pacientů.

V roce 1990 byla poprvé popsána chirurgická metoda známá jako *laryngoplastika* podle Hageny. Tato technika spočívá ve vytvoření umělého hrtanu, nazývaného *neolarynx*, za použití štěpu z předloktí. *Neoglottis*, který je vyztužen chrupavkou, pokrývá vstup do *neolaryngu*, čímž se předchází sekundární aspiraci. Vnitřní část *neolaryngu* je následně pokryta kůží. Postup *laryngoplastiky* podle Hageny je znázorněn na obrázku 19 B. Dosud bylo touto metodou operováno přibližně 300 pacientů.



Obr. 21: A) Schéma „řečového sifónu“ podle Ehrenberga
B) Laryngoplastika podle Hageny

V současnosti se bohužel tyto metody příliš nevyužívají. Hlavní překážkou je operačních postupů, což komplikuje jejich zavedení na dalších pracovištích. Dalším omezením je negativní dopad na samotného pacienta. Tyto metody vyžadují další chirurgický zákrok, který představuje další zátěž a může být spojen s komplikacemi. [4] [53]

I přes tyto nedostatky je pochopitelné, lékaři se intenzivně věnují výzkumu v této oblasti. Po úspěšné léčbě pacient dokáže produkovat kvalitní hlas a většinou již nepotřebuje žádnou další lékařskou péči.

1.8.6. Transplantace hrtanu

Nejkomplexnější možností obnovení hlasu představuje přenesení hrtanu. V případě úspěšné transplantace přebírá nový orgán plně funkci původního a významně zvyšuje šance pacienta na úplné zotavení bez trvalých následků. Tento chirurgický zákrok je však náročný, neboť vyžaduje provedení reinervace a obnovení cévního zásobení implantátu.

I přes to, že první zmínky o možnosti transplantace hrtanu se objevily již v 60. letech 20. století, první skutečná transplantace tohoto druhu byla provedena až profesorem Marshalllem Stromem v roce 1998. Pacientem, který podstoupil tuto chirurgickou proceduru, byl čtyřicetiletý muž z USA, jehož hrtan byl rozdrčen v důsledku motocyklové nehody. Před transplantací používal pacient po dobu 20 let elektrolarynx k produkci řeči.

Dárce orgánu byl také čtyřicetiletý muž, který zemřel na následky prasknutí mozkového aneurysmatu. Třetí den po operaci již příjemce transplantu promluvil (vyslovil anglické slovo „hello“). Přibližně po 36 měsících od transplantace byl produkován hlas, který byl kvalitativně srovnatelný s hlasem zdravého člověka.

U této operace transplantace se však nepodařilo úplně obnovit nervovou inervaci, což způsobilo obtíže s dýcháním a vyžadovalo zachování tracheostomie. Přestože toto omezení bylo přítomno, operace významně přispěla ke zlepšení kvality života pacienta. Poslední úspěšná transplantace hrtanu podle dostupných informací proběhla v říjnu 2010.

Jedním z hlavních důvodů nízkého počtu úspěšně provedených zákroků je skutečnost, že se jedná o transplantaci dárcovského orgánu. Pacientům jsou podávány léky, které brání odmítnutí dárcovského orgánu (imunosupresiva), avšak v současné době není možné tyto léky podávat pacientům trpícím rakovinnými onemocněními, protože významně zvyšují riziko opětovného rozšíření rakoviny. Ve výjimečných případech lze tuto metodu zvážit u pacientů, kteří trpěli benigními nádory a minimálně 5 let u nich nedošlo k recidivě. Poslední výzkumy však naznačují, že v dohledné době by mohlo dojít k pokroku, díky kterému by bylo možno provést transplantaci hrtanu i u lidí, kteří trpěli rakovinným onemocněním. [4]

1.8.7. Shrnutí

V rozvinutých zemích se věnuje značná pozornost rehabilitaci hlasu u pacientů, kteří podstoupili chirurgické odstranění hrtanu, protože důsledky této operace významně ovlivňují kvalitu jejich života. Pacienti se musí nejprve vyrovnat se ztrátou hlasu, a v některých případech může operace vést i ke ztrátě čichu a zvýšené náchylnosti k respiračním onemocněním. Tato situace je již sama o sobě velmi náročnou psychickou zkouškou. Důležitou roli hraje i fyzická odlišnost a z toho plynoucí psychické zatížení, které pacienti zažívají po absolvování léčby.

V současnosti se k rehabilitaci hlasu využívá několik metod, které jsou popsány v tabulce. U většiny pacientů se hlas rehabilituje pomocí tracheoezofageálního píštěle, který vychází z metody jícnového hlasu. Úspěch rehabilitace, podobně jako u jícnového hlasu, závisí především na vlastnostech faryngoezofageálního segmentu. V případě, že pacient není schopen osvojit si techniku jícnového hlasu nebo nemá voperován píštěl, se pro rehabilitaci hlasu používá elektrolarynx. Nejkomplexnější z uvedených postupů je úplná transplantace hrtanu, která řeší téměř všechny problémy spojené s odstraněním hrtanu, avšak je vhodná pouze pro omezený okruh pacientů. [6]

I přesto, že medicína v současnosti nabízí možnosti rehabilitace hlasu a lékaři se snaží stále zdokonalovat používané postupy, existuje prostor pro inovace a zlepšení kvality života lidí postižených ztrátou hrtanu.

	Kvalita	Výhody	Nevýhody
Tracheoezofageální píštěl	Vysoká	Vysoká míra osvojení, dlouhá fonační doba	Zanášení píštěle a s ním spojené čištění, případně dodatečná lékařská péče
Jícnový hlas	Dobrá	Volné ruce při mluvení, není potřeba dodatečné lékařské péče	Velmi náročná metoda k naučení, nepřirozený hlas
Elektrolarynx	Nízká	Snadné k naučení	Monotonní až robotický hlas, nutné nosit externí elektrické zařízení
Hrtanu podobné struktury	Vysoká	Nezávislost pacienta na pravidelné lékařské péči	Velmi náročná chirurgická procedura, která pacienta vystavuje dalším možným rizikům
Transplantace hrtanu	Velmi vysoká	Transplantovaný hrtan přejímá funkci odstraněného orgánu	Velmi náročná chirurgická procedura, která je vhodná jen pro malé procento pacientů

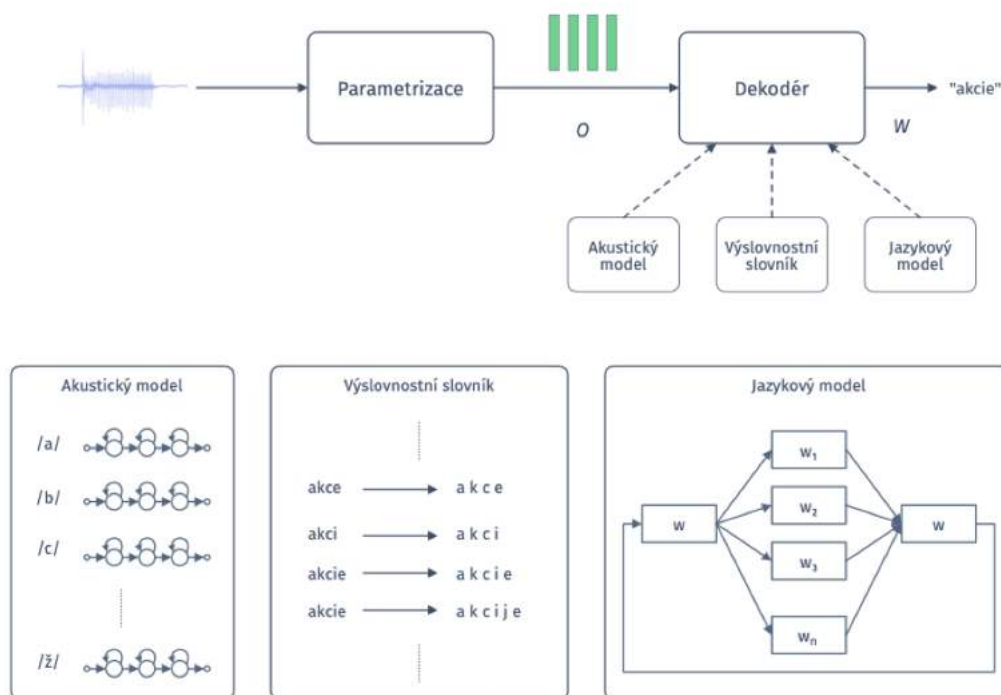
Tabulka 1: Přehled dostupných metod rehabilitace hlasu

1.9. Automatické rozpoznávání řeči

Systém automatického rozpoznávání řeči (ASR) má za úkol přeměnit mluvenou řeč na posloupnost slov, kterou mluvčí vyslovil. První takové systémy se začaly objevovat v první polovině 20. století. Jejich funkce spočívala v analýze akustického signálu a jeho porovnávání se vzorem, což jim umožňovalo rozpoznávat jen omezený počet slov. [4] [6]

Významným průlomem nastal v polovině 80. let minulého století, kdy se začaly používat statistické přístupy, zejména založené na principu skrytých Markovových modelů (HMM). Princip fungování takového systému je znázorněn na obrázku 3.1. Řečový signál, který obsahuje posloupnost slov $W = \{w_1, w_2, \dots, w_N\}$, je analyzován a následně převeden na sekvenci vektorů pozorování $O = \{o_1, o_2, \dots, o_T\}$. Tyto vektory jsou získávány s periodou 10 ms pro

segmenty řeči s délkou obvykle mezi 20 až 40 ms. Samotné rozpoznávání probíhá v dekodéru, který se snaží vybrat posloupnost slov W , která maximalizuje aposteriorní pravdě.



Obr. 22: Schéma automatického systému rozpoznávání řeči pracující na statickém přístupu.

Pomocí Bayesova pravidla je možné podmíněnou pravděpodobnost $P(W/O)$ vyjádřit jako $P(W/O) = \frac{P(W/O) \cdot P(W)}{P(O)}$, kde podmíněná pravděpodobnost $P(W/O)$ odhaduje sekvenci pozorování O za předpokladu výskytu posloupnosti slov W . Tento výpočet je realizován akustickým modelem. K určení W je ještě nutné znát pravděpodobnost výskytu požadované posloupnosti slov $P(W)$, o stanovení této pravděpodobnosti se stará jazykový model. [4] [6]

Jelikož pravděpodobnost $P(O)$ je nezávislá na sekvenci slov W , lze rovnici upravit. Takto upravená rovnice představuje obecné pravidlo dekódování a její členy reprezentují základní stavební prvky ASR systému. Pro doplnění je nutné dodat, že slovník obsahuje seznam všech slov, se kterými je systém schopen pracovat. Tento seznam obsahuje rovněž jejich fonetickou transkripci. Všechny tyto části jsou součástí dekodéru, který realizuje prohledávací strategii. V následujícím textu budou jednotlivé stavební prvky ASR systému popsány podrobněji.

1.9.1. Parametrizace řečového signálu

Podobně jako v mnoha jiných oblastech, i při technologiích rozpoznávání řeči hraje lidská inspirace důležitou roli. Při sběru informací (znaků) se často opíráme o modelování procesu produkce řeči a modelování procesu poslechu.

1.9.2. Modelování produkce řeči

Cílem modelování produkce řeči je nalézt matematické vztahy, které slouží k popisu fyzikálních jevů spojených s produkcí řeči. Základem je technika lineárního prediktivního kódování (LPC), která vychází z představy, že hlasové ústrojí člověka je schopno vytvářet tři různé typy řečových zvuků: samohlásky, frikativy a explozivny. [6]

Cílem je navrhnout model hlasového traktu, který dobře popisuje tyto zvuky, přičemž se však musí brát v úvahu složitost a omezená přesnost modelu. Lineárně časově invariantní model se může jevit jako ideální volba, i když lidská řeč je často kontinuálně časově variabilní a dokonce nelineární. Avšak předpokládá-li se, že buzení a parametry hlasivkového traktu zůstávají přibližně konstantní v krátkých časových úsecích, lze navrhnout lineárně časově invariantní model, který platí pro krátké úseky času. K odvození obecného diskrétního modelu hlasového traktu se využívá zjednodušeného modelu produkce řeči, který zahrnuje model hlasivek, model hlasového traktu a model vyzařovaného zvuku.

Lineární prediktivní analýza (LPC) slouží k odhadu parametrů tohoto modelu z reálných řečových signálů. Metoda LPC minimalizuje kvadratickou chybu předpovědi krátkodobé energie signálu a její výpočty lze provádět pomocí Durbinova algoritmu. Kepstrální koeficienty LPC jsou další možností k popisu hlasového traktu. Tyto koeficienty jsou spojeny se spektrální obálkou mikrosegmentu řečového signálu, která může být získána pomocí DFT. Pro dostatečnou reprezentaci mikrosegmentu řeči se obvykle volí 7 až 15 kepstrálních koeficientů. [4] [6]

1.9.3. Akustické modelování

V rovnici (3.3) je akustický model (AM) reprezentován podmíněnou pravděpodobností $P(W/O)$. Úkolem akustického modelu je co nejpřesněji odhadnout tuto pravděpodobnost pro libovolnou posloupnost vektorů příznaků $O = \{o_1, o_2, \dots, o_T\}$. Jako efektivní nástroj pro modelování řeči se ukázaly být skryté Markovovy modely (HMM). Ty vycházejí z principu vytváření řeči lidským hlasem. Během produkce řeči se hlasivky v krátkém časovém úseku nacházejí v určité konfiguraci, přičemž množina všech možných konfigurací je konečná. V zvoleném krátkém úseku řeči (mikrosegmentu) jsou hlasivky generovány signálem, který závisí na aktuální konfiguraci hlasivek. Tento vyprodukovaný zvuk je pomocí metod popsanych v části 3.1 převeden na vektor příznaků O . [4] [6]

Skrytý Markovův model je model stochastického procesu. Na ten lze nahlížet jako na pravděpodobnostní konečný automat, který v diskrétních časových okamžicích generuje náhodnou posloupnost vektorů příznaků $O = \{o_1, o_2, \dots, o_T\}$. Model v každém časovém kroku mění svůj stav podle předem daných pravděpodobností přechodu a_{ij} . Přejchod ze stavu s_i do stavu s_j má za následek vygenerování výstupního vektoru pozorování o_t , a to podle rozdělení výstupní pravděpodobnosti $b_j(o_t)$ příslušné k tomuto stavu.

Podmíněná pravděpodobnost přechodu a_{ij} určuje, s jakou pravděpodobností přechází model ze stavu i v čase t do stavu j v čase $t+1$. Platí tedy, že funkce rozdělení výstupní pravděpodobnosti $b_j(o_t)$ popisuje rozdělení pravděpodobnosti pozorování o_t produkovaného ve stavu s_j v čase t . Toto platí pro všechny stavy HMM, které mohou generovat výstupní vektor. Rozdělení výstupní pravděpodobnosti musí být při modelování řečových zvuků dostatečně specifické, aby bylo možné od sebe odlišit různé zvuky, a zároveň dostatečně robustní, aby zahrnuje znatelnou variabilitu řečového signálu. Toto rozdělení je nejčastěji modelováno spojitým normálním rozdělením se směsí hustotních funkcí nebo neuronovými sítěmi. Konstrukce ASR systému pro uživatele po totální laryngektomii hovořící pomocí elektrolarynxu

1.9.4. Vytvoření řečového korpusu EL promluv

Před zahájením práce na vytvoření ASR systému pro lidi po tracheostomii je potřeba vytvořit řečový korpus, který poslouží k natrénování a otestování vytvořeného systému. Data pro korpus musí být velmi specifická, a proto je nezbytné získat co největší množství kvalitních a přesných dat. [4] [6]

Jak již bylo zmíněno, každý rok se objeví více než 100 nových případů trvalé ztráty hlasu, přičemž rizikovou skupinou jsou zejména starší lidé, kteří silně kouří a konzumují alkohol. Trendem je však patrné snižování věku pacientů a s tím související nárůst případů ztráty hlasu. Vzhledem k psychologickému aspektu této ztráty je obtížné zajistit spolupráci s řečníkem ochotným podstoupit náročné nahrávání. [4] [6]

Proto byly navázány kontakty se specializovanými pracovišti ORL. Spolupráce s jedním řečníkem, konkrétně s dámou, která podstoupila tracheostomii před více než 15 lety, byla navázána prostřednictvím ORL klinik v Plzni a v Motole v Praze. Tato dáma, která dokázala překonat ostych a vrátit se do běžného života, se stala klíčovým partnerem pro nahrávání.

Nahrávání probíhalo na pracovišti Katedry kybernetiky ZČU v období od prosince 2010 do května 2011. Každé nahrávací sezení trvalo přibližně dvě hodiny a bylo rozděleno na fáze nahrávání a odpočinku. Celý proces byl řízen s ohledem na únavu řečníka.

Pro nahrávání byla použita profesionální nahrávací sestava, která zahrnovala mikrofon, zesilovač, externí zvukovou kartu a běžný notebook. Mikrofon byl umístěn co nejblíže k ústům řečníka pro co nejlepší kvalitu záznamu. [4]

Nahrávky byly rozděleny na mikrosegmenty o konzistentní délce, přičemž byla použita metoda detekce aktivity hlasu pro identifikaci úseků ticha a řeči. Anotace nahrávek byla prováděna pomocí interního anotačního nástroje a trvala přibližně 2 měsíce. Celkově byl vytvořen řečový korpus obsahující 5040 unikátních vět rozdělených do 6385 souborů. Tento korpus slouží jako základ pro další experimenty.

1.9.5. Poslechový test a porovnání výsledků člověka a stroje

V předchozím textu byly prezentovány vybrané dosažené výsledky, ale zatím nedokázaly odpovědět na zásadní otázku: "Dokáže se stroj vyrovnat člověku?". Přestože je rozpoznání řeči na první poslech obtížné, člověk je schopen ji poměrně brzy dobře porozumět. S časem se schopnost porozumění ještě zlepšuje. Jak tedy na tom je stroj v porovnání s člověkem? Ještě, než je vůbec možné na tuto otázku odpovědět, je dobré si položit otázku: "Jakým způsobem porovnat schopnosti člověka a stroje?". K tomu může posloužit poslechový test, ve kterém mají posluchači za úkol vybrat z předem definovaných možností, co je obsahem promluv. Testování schopností stroje pak probíhá pomocí experimentu. Vstupem ASR systému jsou stejné promluvy, které jsou součástí poslechového testu. Výstupem je přepis. Metrika experimentu je počítána na základě správně/špatně určeného obsahu promluv v přepisu. Jednoduchým porovnáním počtu správných odpovědí člověka a stroje je možné odpovědět na první z výše uvedených otázek. [4] [6]

Při přípravě experimentu se vykrystalizovaly tyto varianty poslechového testu: test na izolovaných slovech a test na slovních bigramech (dvojicích slov). Tím, že promluvy obsahují pouze izolovaná slova nebo dvojice slov, je do značné míry eliminován vliv kontextu. Ten v mnoha případech pomáhá s správným určením významu i přesto, že nebylo dobře rozumět. Pokud se bude experiment skládat z množiny promluv, které obsahují pouze slova popsaná v části 5.1, bude možné určit, do jaké míry dokáže člověk nebo stroj správně určit význam těchto slov a případně je od sebe odlišit. [4] [6]

1.9.6. Izolovaná slova

Rozpoznání slova, které bylo vysloveno v klidném prostředí, se zdá být velmi jednoduchým úkolem. Pokud ale toto slovo vysloví mluvčí používající elektronický hlas (EL), může to být obtížnější. Zejména pokud jde o slova popsaná v části 5.1. Účastníci poslechového testu jsou vyzváni k postupnému poslechu 320 nahrávek izolovaných slov a vybrání jedné z předem definovaných odpovědí: a) slovo A (např. kosa), b) slovo B (např. koza), c) nemohu se rozhodnout. V seznamu možností je vždy skutečně vyslovené slovo a varianta, která se od něj liší pouze zvukem jednoho fonému. První dvě možnosti jsou v abecedním pořadí. Nahrávky použité v rámci poslechového testu pocházejí z 2. fáze nahrávání. Na poslechovém testu se zúčastnilo 19 subjektů z řad kolegů. [4] [6]

Výstupy poslechového testu byly vyhodnoceny a zapsány do tabulky s procentuálním zastoupením jednotlivých odpovědí pro každou nahrávku. V tabulce 5.6 je uveden výňatek získaných výsledků, přičemž správné odpovědi jsou zvýrazněny tučně. Výsledky slov "borce" a "porce" reprezentují situaci, kdy účastník nebyl jednoznačně schopen určit význam slova. Druhý příklad (kosa + koza) ukazuje situaci, kdy všichni účastníci vybrali z komplementárních slov vždy pouze jedno, a to bez ohledu na to, které slovo jim bylo ve skutečnosti přehráto.

V tomto konkrétním případě tedy posluchači vždy "slyšeli" slovo "koza". Z toho lze usuzovat, že slovo "kosa" je akusticky identické se slovem "koza". Poslední případ reprezentuje situaci, kdy většina účastníků byla schopna určit správný význam slova. Celková přesnost rozpoznávání byla vypočtena podle vzorce. [4] [6]

1.10. Jaká je kvalita života?

Každé onemocnění má výrazný vliv na kvalitu života a u pacientů s karcinomem hrtanu je kvalita života pozměněna jak v oblasti psychické, fyzické tak i v oblasti sociální. Kvalita života je otázkou, kterou se zabývají lidé od nedávna a díky níž vzniklo mnoho změn.

U pacientů s karcinomem hrtanu je současně jediným řešením pro dlouhodobé přežití provedení trvalé tracheostomie, která sama o sobě zasahuje do sociálního života pacienta, kdy přichází o hlasovou funkci. I přes to, že je na trhu hned několik kompenzačních zdravotních pomůcek, je začlenění do společnosti stejně tak obtížné. Pacienti s trvalou tracheostomií si mohou připadat pro ostatní jako odpudivé a nežádoucí, kdy jakékoliv vykašlávání hlenu či sekretu se musí dostat ven z tracheostomické kanyle. Pacienti si mohou připadat méněcenní, mají strach z navracení onemocnění a všechno to se podepisuje na kvalitě života. Je několik nástrojů, jejichž pomocí můžeme měřit kvalitu života. [53]

1.10.1. Jak se kvalita života hodnotí?

Při zkoumání kvality života je nutné vzít v potaz, jaké jsou lidské potřeby, uspokojování těchto potřeb, lidské hodnoty a jejich uspořádání dle důležitosti. Znaky definice mohou být: spokojenost se životem (životní náplň člověka), jaká má očekávání a pocit štěstí a jeho množství vůči dalším pocitům. Organizace WHO také vystihuje kvalitu života jako, jak člověk hodnotí své postavení v životě, v rámci kultury, jeho osobní cíle a zájmy a jeho životní styl a jakým způsobem vede svůj život.

Ohledně hodnocení kvality života máme dvě možnosti, a to objektivně a subjektivně. Jako subjektivní hodnocení můžeme považovat za hodnocení pacientem nebo lékařem, kdy u hodnocení pacientem je k dispozici standardizovaný dotazník Voice Handicap Index, který je používán k sběru dat. Mezi objektivními metodami hodnocení patří například vyšetření hlasového pole, spektrální analýza a multidimenzionální analýzy hlasu a k takovým vyšetřením jsou zapotřebí odborné přístroje. [53]

Pro popis vlastností hlasu, a hlavně těch patologických se vyvinulo několik způsobů vyhodnocení a je možné je rozdělit do dvou skupin a to subjektivního (pacient) a objektivního (lékař) hodnocení hlasu. Pro klinické hodnocení poruch hlasu byl jako první vytvořený standard subjektivní metodiky Unie evropských foniatrů, kdy je možné rozlišit 7 stupňů poruchy hlasu a to:

- 0. normální hlas
- 1. zastřený hlas

2. mírná disfonie
3. středně těžká disfonie
4. těžká disfonie
5. afonie (bezhlasi)
6. ztráta hlasu po úrazu nebo laryngektomii

Tato metoda nerozlišuje různé druhy patologie, rozlišuje pouze míru poruchy a tím, že je subjektivní, je potřeba toto vyhodnocení doplnit o lékařskou zprávu a vyšetření hlasové funkce. Další metodou je subjektivní škála GRBAS:

- G – grade> chraptivost
- R – roughness> drsnost
- B – breathiness> dušnost
- A – asthenicity> astenie
- S – strain> napětí

Tato škála je zatím nejpoužívanější v Japonsku, USA a postupně i v Evropě v klinickém hodnocení kvalitativních vlastností hlasu.

1.10.2. Voice Handicap Index

V překladu Index hlasového handicapu je jedním ze základních instrumentů vyvinuté Jacobsonovou a kolektivem v roce 1997 pro kvantifikaci subjektivních potíží hlasu pacientů, kdy důležitým aspektem dříve byla primárně záchrana života a dnes se stává dalším důležitým aspektem i udržení či docílení maximální možné kvality života pacienta. [32]

Dalšími užíváními dotazníky jsou Voice Related of Life, Voice Symptom Scale a Voice Activity and Participation Profile. Samotný VHI byl přeložen do několika jazyků v současnosti nejrozšířenějším dotazníkem, protože je jednoduchým a celkem dobrým nástrojem pro stanovení míry hlasových potíží. Skládá se ze 30 otázek rozdělené po desíti otázkách na tři části, a to část fyzická (zkratka P), funkční (zkratka F) a emoční (zkratka E). Jedná se o otázky s několika možnostmi odpovědi, které jsou hodnoceny od 0 po 4 bodech za každou odpověď. Výsledek se může pohybovat od 0 až po 120 body a poté se zařazují do určitých skupin dle množství bodů:

- 0–30> žádné či minimální potíže s hlasem
- 31–60> střední potíže s hlasem
- 61–120> vážné poškození hlasu

1.11. Elektrolarynx – současná podoba

1.11.1. Z čeho se skládá

- Zvukový generátor > obvykle generovaný pomocí oscilátoru
- Rezonátor
 - > zvuk z generátoru je poslán do rezonátoru
 - > v rezonátoru se modifikuje frekvence a charakter zvuku
 - > lze v něm modifikovat typ zvuku a vlastnosti hlasu
- Tlačítka a ovládání > hlasitost a tón
- Baterie a zdroj napětí
- Napájení

1.11.2. Oscilátory

Generují periodické signály, jako jsou sinové vlny, čtvercové vlny nebo trojúhelníkové vlny. Pro elektrolarynx se používají oscilátory generující sinusové vlny, které poskytují plynulý a přirozený zvuk, který je ideální pro reprodukci lidské řeči. [30] [32]

1.11.3. Rezonátory

Rezonátory modifikují zvukové signály vygenerované oscilátorem. Existují trubicové, filtrované digitální a akustické rezonátory. Nejčastěji se používají trubicové rezonátory, které jsou jednoduché na výrobu a údržbu a umožňuje uživateli snadno měnit vlastnosti zvuku, aby generovaný zvuk zněl co nejpodobněji přirozenému hlasu, a proto se i tolik používají. [30]



Obr. 23: Elektrolarynx

1.1.1 Skici a výkresy současného elektrolarynxu [35]

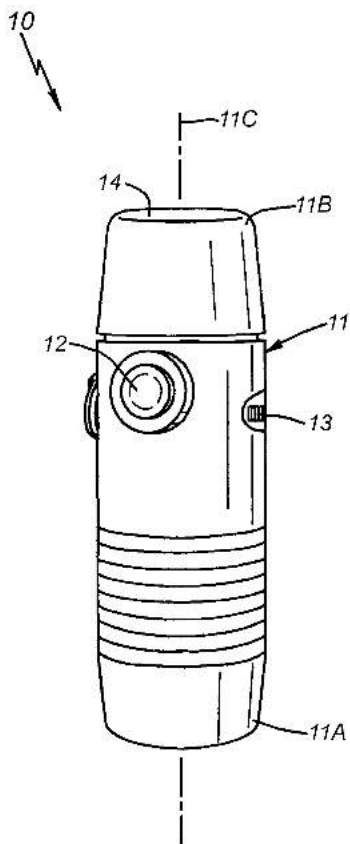


Fig. 1

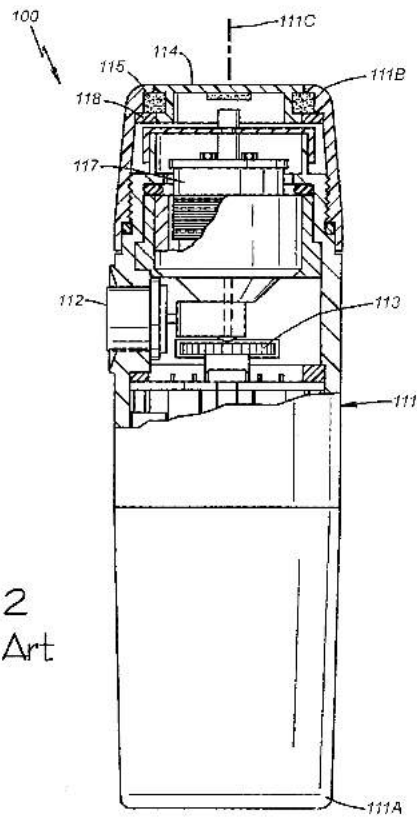


Fig. 2
Prior Art

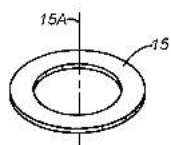


Fig. 3

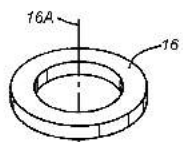


Fig. 4

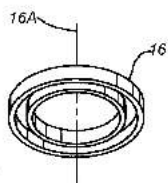


Fig. 5

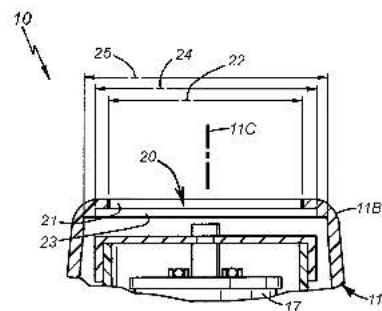


Fig. 6

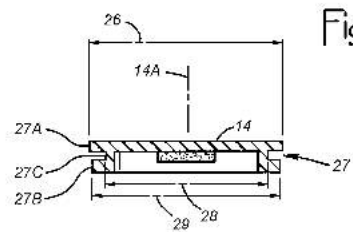


Fig. 7

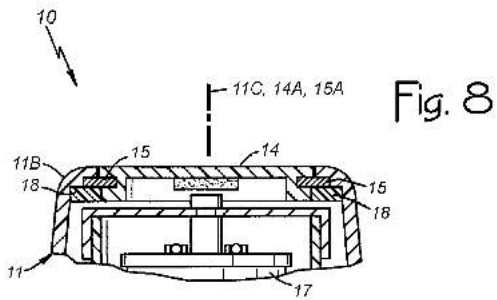


Fig. 8

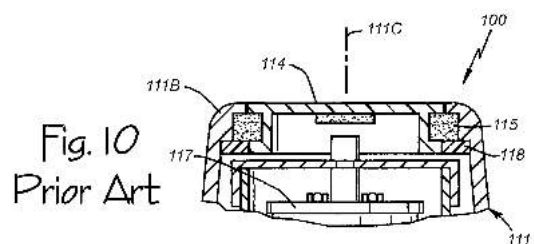


Fig. 10
Prior Art

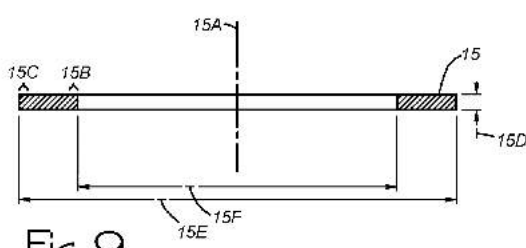


Fig. 9

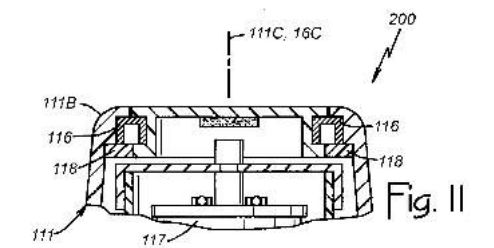


Fig. 11

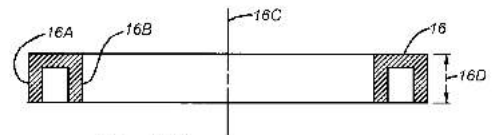


Fig. 12

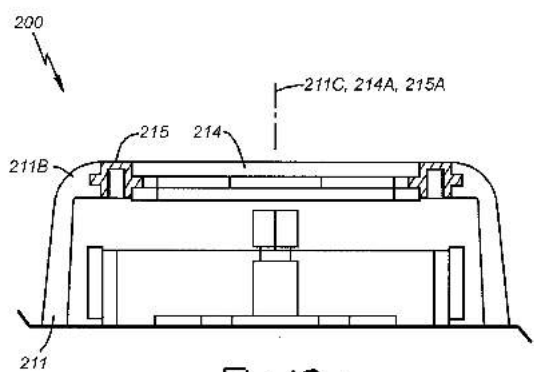


Fig. 13a

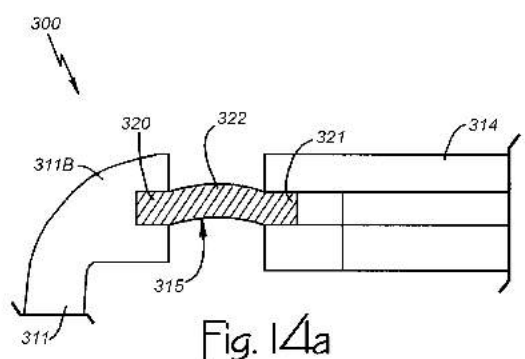


Fig. 14a

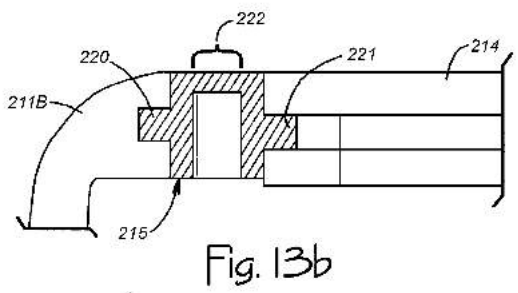


Fig. 13b

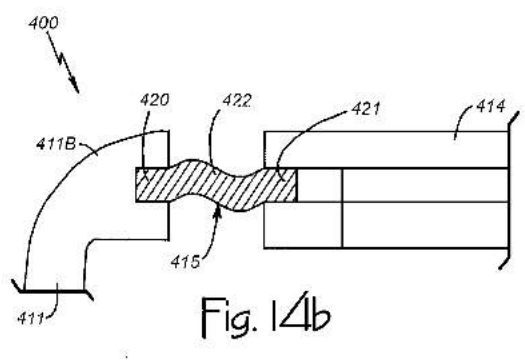


Fig. 14b

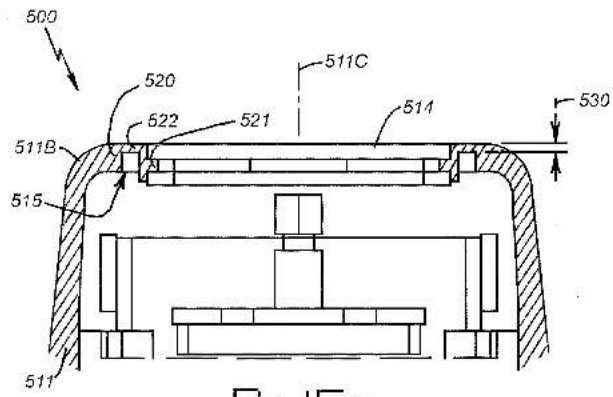


Fig. 15a

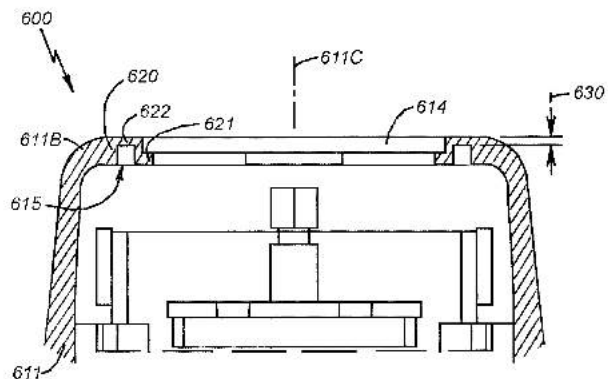


Fig. 15b

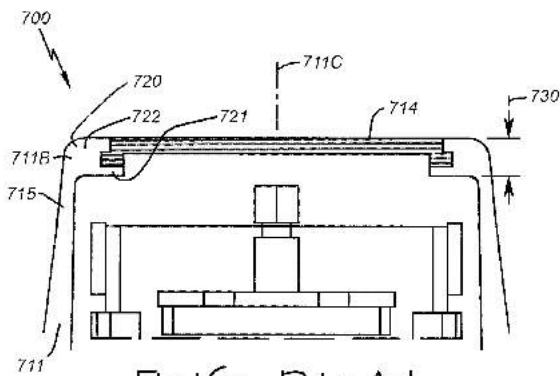


Fig. 16a - Prior Art

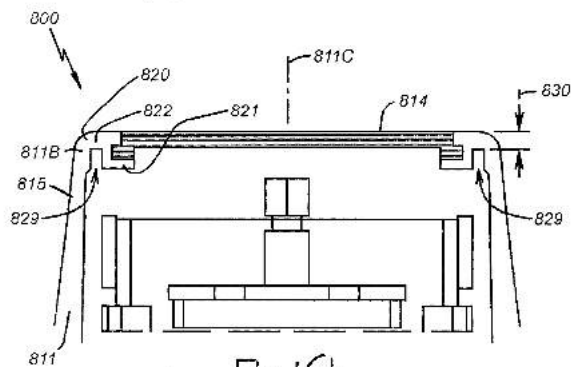


Fig. 16b

Obr. 24: Výkresová dokumentace [35]

1.12. Syrinx

Syrinx je novým typem nositelného *electrolarynxu*, který využívá strojové učení umělé inteligence AI, jehož tvůrcem je inženýr Masaki Takeuchi z Japonska a má obnovit hlas pacienta z minulosti pomocí nahrávek hlasu před totální laryngektomií. Jeho návrh a koncept dosáhl top 3 v roce 2020 na Světové finále Microsoft Imagine Cup. Zkoumal počet lidí v Japonsku, co využívají elektrolarynx a počet lidí, které ztratí vůči totální laryngektomií nebo rakovině hlasivek svůj hlas. [9] [10]

Aby vytvořili více přirozený výstup hlasu, pracovali na vzoru vibrací tohoto přístroje, které velice závisí na původním hlasu pacienta. Začali využívat nástroje pro zpracování hlasové stopy hlasu pacienta ke generování vzorců vibrací.

Svůj koncept začal vyvíjet při pohledu na YouTube video s uživatelem *electrolarynxu* a jeho vzniklou otázkou, proč je hlas od takového zařízení tak odlišný a robotický. Poté kontaktoval nevládní organizaci právě zabývající se laryngektomií v Tokiu a zjistil, že je tu velká nespokojenost se současným zařízením *electrolarynxu* nejen kvůli okupaci jedné ze dvou rukou, ale také kvůli nepřirozenému a robotickému hlasu. Tímto započal svůj projekt Syrinx s účelem tuto problematiku změnit. Zaměnil okupaci ruky tím, že dal přístroj kolem krku a započala cesta přeměny robotického hlasu za hlas mnohem přirozenější. [9] [10]

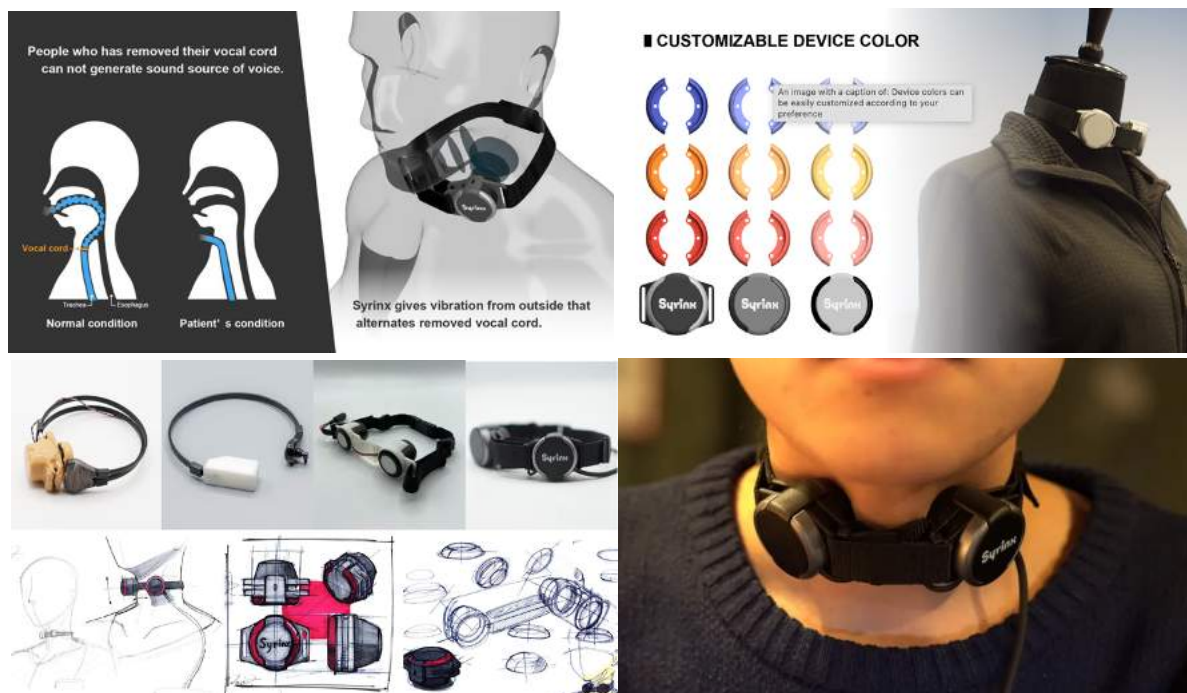
Syrinx má 3 hlavní funkce. První funkcí zařízení je generování přirozeného hlasu a funguje na stejném principu jako současný *electrolarynx*, jako externí zdroj zvuku vibrací v oblasti hrdla, kdy Syrinx používá komplikované vibrační vzory generované za pomoci umělé inteligence AI ke generování mnohem přirozenějšího hlasu. Druhá funkce je právě design bez použití rukou a bez stresu, kdy současný přístroj je ve tvaru válce, u kterého je potřeba dopravit na místo měkké tkáně, při mluvení zapnout tlačítkem a přitlačit na hrdlo, což způsobuje určité nepohodlí pro uživatele. Třetí funkcí je dle Takeuchiho stylový design, který je nenápadný a nevyčnívá na veřejnosti. [9] [10]

Jejich první prototyp spočíval v použití vodivého rezonátoru a hrdelního mikrofону, aby byl design a konstrukce kompaktní a nenápadný, kdy také použili model strojového učení GMM, který se často používá při převodu hlasu ke generování vibračních vzorců. Komplikace zařízení přistály v době, kdy se tento přístroj začal testovat na lidech a zjistila se problematika vydávaného hlasu zařízení, který byl velice slabý a nebylo ho slyšet. [9] [10]

Další prototyp měl už větší a silnější rezonátor, které umožnilo hlasitější výstup. I při testování se projevilo velké zlepšení ve zvuku, avšak se podotklo téma ne velice vkusného designu zařízení, následně do svého týmu přidali designéra a zcela předělali design zařízení. Po této změně získali pozitivní odezvu jak na hlasitost, tak i na design. [9] [10]

Celkově se syrxin vyvinul jako „hands-free“ nositelné zařízení, na které se v současné době pracuje na snížení hluku z rezonátoru za účelu zlepšit celkovou kvalitu generovaného hlasu ze zařízení a zároveň vylepšit tím i algoritmus generovaného zdroje zvuku.

Momentálně je toto zařízení stále ve vývoji a testují ho na pacientech, ale snaží se o jeho komercializaci, kdy chtějí pomoci vytvořit svět, kdy budou pacienti moci svobodně mluvit.



Obr. 25: Syrxin

1.13. Sluchátka – lineární posuv a skládací sluchátka

1.13.1. Historie

V dnešní době jsou sluchátka jak přes hlavu tzv. „headphones“, tak i tzv. earbuds nezbytnou součástí pro lidi, kteří poslouchají hudbu a chtějí své soukromí. Sluchátka existují už od 19. století, kdy jejich použití bylo určeno pouze pro telefonické operátorky. Sluchátka měla velkou krabici, která se opírala o rameno operátorky. V roce 1895 bylo již možné poslouchat hudbu v pohodlí domova díky rozvoji telefonického systému. [21] [28]



Obr. 26: Sluchátka z roku 1895

Modely těchto sluchátek vypadaly zcela odlišně od toho, co známe dnes. Až model od Nathaniela Baldwina z roku 1910 začal připomínat moderní sluchátka. Ty následně prodával námořnictvu ve Spojených státech a až posléze v roce 1937 se sluchátka dostala na trh. Tento typ sluchátek se od té doby stal nejoblíbenějším i dodnes. [28]



Obr. 27: Sluchátka z roku 1937

Značka AKG začala v roce 1958 vyrábět a prodávat model K120, který se stal tak populárním, že AKG zaměnila industrii filmu za industrii audia. Následně v roce 1958 vznikla první stereo sluchátka Johnem Kossem, který jimi zcela převrhl trh. [23] [28]

V roce 1959 přišli STAX na tokijském veletrhu s prvními elektrostatickými sluchátky modelem SR-1, které se začala vyrábět o rok později. V dnešní době je lze považovat za velice vzácná sluchátka, která jen tak nepotkáte.



Obr. 28: Sluchátka z roku 1958



Obr. 29: Sluchátka z roku 1959

O několik let později v roce 1979 vyšel na svět Walkman od Sony a najednou se sluchátka stala přenosná a lehká, a to položilo kámen dnešních současných modelů sluchátek, které jsou nejenom lehké ale i portabilní a mají mnoho dalších výhod jako senzory, jejichž pomocí zapínáte a přeskakujete hudební skladby, nebo také lineární posuvy, které umožňují, aby sluchátka byla nastavitelná na velikost hlavy uživatele. [22] [28]



Obr. 30: Sluchátka z roku 1979

Sluchátka se vyvíjela natolik, že byla postupně menší a tenčí. Začalo se postupně přemýšlet nad novými designy a novými návrhy, jak by mohla sluchátka vypadat. Jsou varianty, kde sluchátka vedou přes zadní část hlavy místo přes horní část hlavy a důvodem byly právě otlačeniny, které postupem času vznikaly jejich používáním. [23] [28]

V roce 2000 zveřejnila značka Bose svůj první model sluchátek s „noise canceling“ technologií, která byla již několik desítek let využívána v letectví, ale k sluchátkům pro obvyklého spotřebitele se dostala až později.



Obr. 31: Sluchátka z roku 1997



Obr. 32: Sluchátka z roku 2000

Rok 2001 byl považován za přelomný pro změnu tzv. „headphones“ na „earbuds“ od značky Apple s názvem iPods.



Obr. 33: Sluchátka z roku 2001

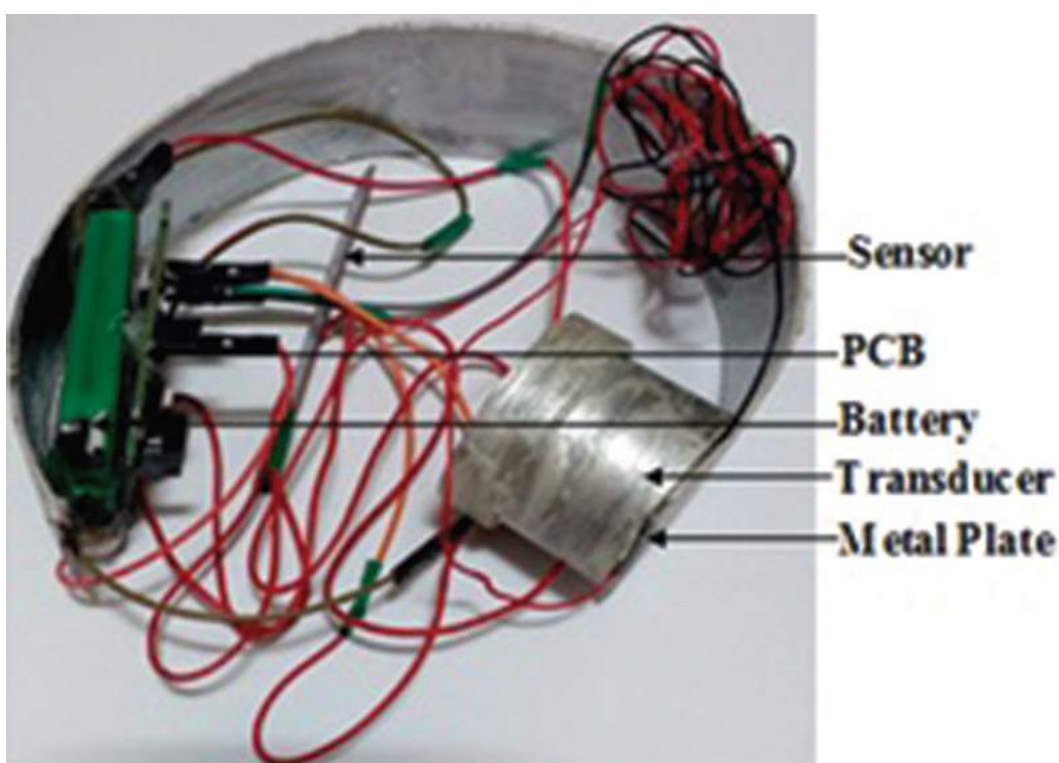
Můžeme s jistotou říct, že sluchátka se stala něčím, co nás doprovází všude, v kabelce, tašce, kapse, pouzdře či rovnou v uších nebo na hlavě. V dnešní době si můžeme vybírat z mnohých modelů, které jsou nám k dispozici v každém obchodě a e-shopu s elektronikou. Stala se něčím, čím považujeme za normální. Nevšímáme si ostatní, když nosíme sluchátka a stejně tak si i ostatní nevšímají i nás.

Toto celé je důvodem, proč jsem se jimi inspirovala na návrh elektrolarynxu. Mohlo by být nenápadné a zároveň i módním prvkem, který nás popisuje, jací jsme, stejně jako nás může popsat oblečení, a přístroje a zařízení, která používáme. [21] [22] [28]

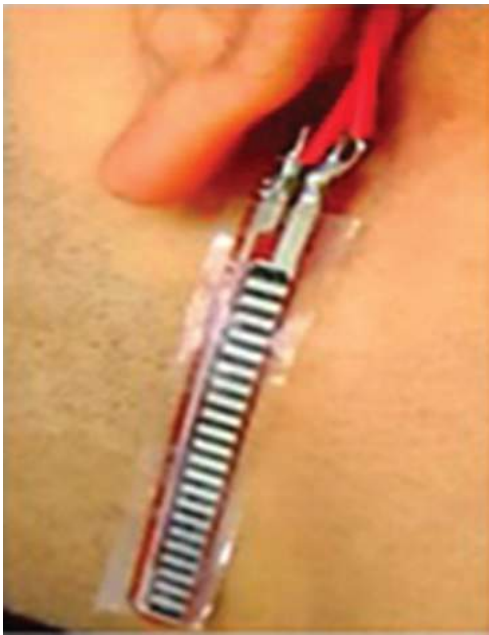
1.14. Design of Wearable Electrolarynx with Automatic Control

Dle experimentální zprávy od M. Madhushankara, Somashekara Bhata a Keerthana Prasada v Indii se potvrdila možnost automatického zapínání *elektrolarynxu*. Cílem jejich práce bylo navrhnout a vyvinout automaticky ovládané a nositelné zařízení, tzv. *elektrolarynx*. [8]

Využili metodu, kdy je snímaná fyzikální aktivita otevírání úst, je zesílena a tímto je i přinucena působit jako aktivační signál ke spuštění nositelného *elektrolarynxu*. Výsledek je následně zaznamenán a je porovnáno trvání reakce přístroje na aktivace svalů. Hodnocení je získáno z 5 subjektů od 10 logopedů. Výsledky byly, že nositelný *elektrolarynx* se zapne za 13 μ s, jakmile je detekován pohyb úst pro řeč. Čas iniciace hlasu a doby ukončení jsou 215,68 ms a 231,41 ms. Výsledky naznačují, že není významný rozdíl mezi dobou trvání hlasové reakce nositelného *elektrolarynxu* a normální způsoby mluvení a je to tímto velice přirozené. S tímto uzpůsobením a jeho pomocí je schopen pacient po totální laryngektomii se naučit velice rychle a jednoduše toto zařízení používat. I výsledky subjektivního hodnocení ukazují, že je tu významné zlepšení v srozumitelnosti a snížení šumu ve srovnání s komerčně dostupnými *elektrolarynxy*. [8]



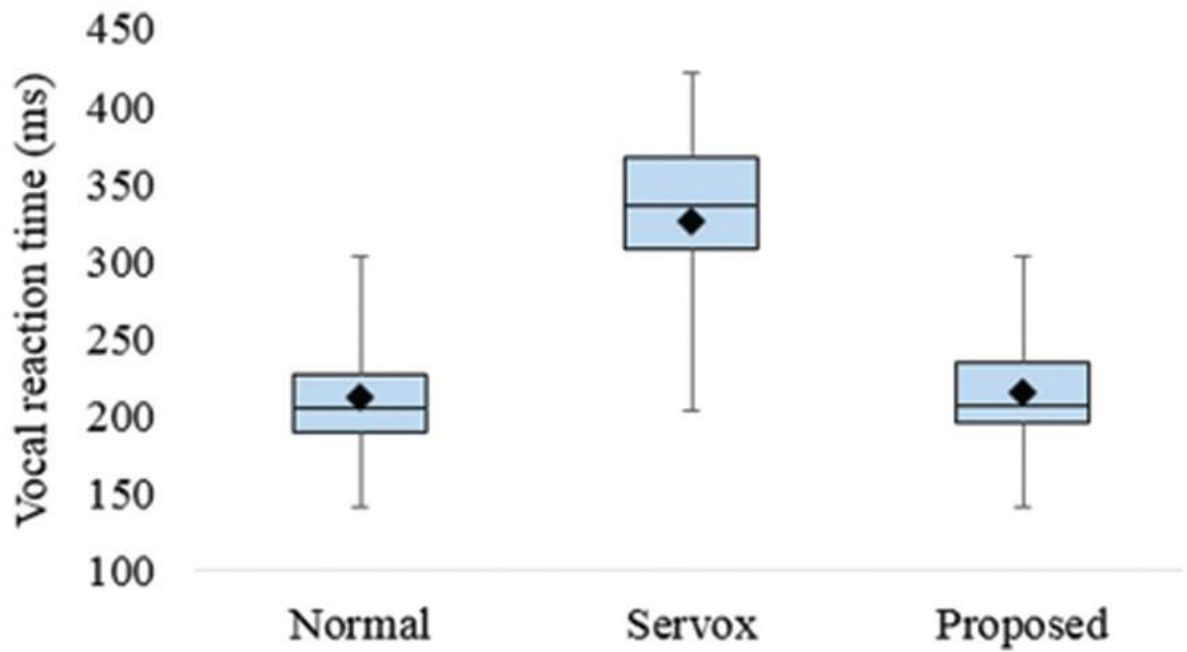
Obr. 34: Experimentální elektrolarynx a jeho části



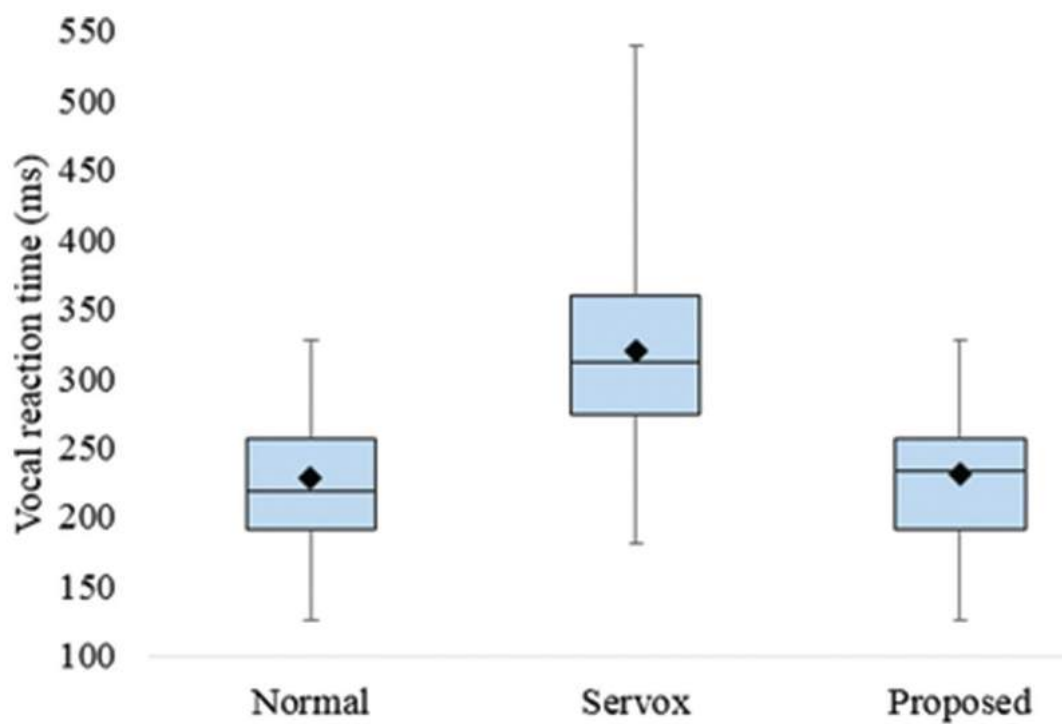
Obr. 35: flex senzor



Obr. 36: Umístění senzoru a poloha elektrolarynxu



Tabulka 2: doba trvání pro zapnutí vibrací elektrolarynxu



Tabulka 3: doba trvání pro vypnutí vibrací elektrolarynxu

1.15. Výstup analýzy a formulace vize

Ztráta hlasu a tím i ztráta možnosti verbální komunikace je vnímaná pacientem po laryngektomii velice špatně. Dochází tím k přerušení jakýchkoliv sociálních vazeb k ostatním příslušníkům *socia* a vyřazuje ho tím z denních aktivit, kde je *socium* zapojené.

Po operaci *larynxu* zcela ztrácí pacient možnost tvorby jakéhokoliv hlasu tím, že jsou jeho hlasivky společně s *larynxem* odstraněné. Dalším efektem operace je ztráta velkého množství nosních funkcí, k nimž spadá i čich. Po operaci je prvním možným způsobem komunikace non-verbální za pomoci různých piktogramů, psaní sdělení a obrázků. Jedná se pouze o dočasný způsob komunikace a je vystřídaná rehabilitací foniatrem, u které patří edukace, jak pečovat o *tracheostomu*, různý předpis zdravotních kompenzačních pomůcek, které lze používat a o nichž byl pacient informován ještě před léčbou společně s tím, že nemohou zcela nahradit přirozený hlas pacienta.

Snahou celého projektu je zahnat stigma *socia* ohledně lidí po totální laryngektomii či operaci hlasivek a samotné uživatele tohoto přístroje zvaném elektrolarynx. V současné době je elektrolarynx přístrojem, který svůj základní vzhled nezměnil již desítky let a tímto způsobuje oddálení a nepochopení *socia* od lidí, kteří nejsou schopni mluvit vlastním hlasem.

Pracuji nejen se samotným redesignem již zastaralého vzhledu přístroje, ale také i se psychologickou stránkou člověka ze strany uživatele elektrolarynxu a ze strany samotného *socia* a jak na takového člověka pohlíží. Tady je snahou to, aby se uživatel cítil plnohodnotně a navrátil se co nejrychleji k normálnímu životu. Psychika pacienta po totální laryngektomii může velice rychle klesnout, a to nejen z důvodu neschopnosti znovu promluvit vlastním hlasem, ale i tím, že se na něj společnost bude dívat jinak a člověk se tímto bude chtít od *socia* oddálit a přestat komunikovat s ním. S dostatečnou podporou od rodiny a známých je samozřejmě velice pravděpodobné navrátit si sebevědomí, ale myslím si, že je potřeba vzít v potaz i okolí a jeho chování vůči přístroji a jeho používání.

Mým cílem je toto zařízení přetvořit způsobem, kterým bude tento přístroj stejně jako sluchátka společensky velice akceptovatelný a nenápadný nebo také vnímán jako módní doplněk. Přímo inspiraci jsem brala od Masaki Takeuchiho, na jehož konstrukční řešení přímo navazuji, protože používám jeho vnitřek a snažím se dodat další kousky skládačky, které by mohly pomoci k vývoji tohoto přístroje a jeho přivedení na svět v nové současné podobě, které tímto zabrání stigmatu.

1.15.1. Co bude celá bakalářská práce zahrnovat?

- Samotný přístroj – *elektrolarynx*
- bezdrátové nabíjení spojené s powerbankou
- kabel s USB-A a USB-C konektory pro snadné připojení
- adaptér na nabíjení na pevný zdroj energie
- pouzdro pro přístroj a všechna příslušenství
- aplikace v mobilu, která pomůže lidem po operaci
 - pro lidi po laryngektomii
 - možnost napojení na *elektrolarynx* přes Bluetooth

1.15.2. Cíle nového designu elektrolarynxu

- Komfort pro uživatele
 - Kompaktní design přizpůsobený na krk
 - nastavitelná velikost pro nejmenší i největší
 - možnost měkkého polstrování (měkký plast)
 - pohodlné nošení pomocí zaoblených hran, které nebudou tláčit
 - připojení Bluetooth k aplikaci
- Variabilita rezonátoru
 - možnost použití dvou *transducerů* jeden nízkofrekvenční a druhý vysokofrekvenční
 - možnosti manipulace výšky hlasu
 - napojení AI a původního hlasu uživatele a vytvoření hlas bližší k původnímu
- Ovládání frekvence a hlasitosti
 - hlasitost pomocí ovládání (pomocí přístroje nebo chytrého zařízení)
 - frekvence nastavitelná na pevno, aby během manipulace a používání nedošlo k problémům
 - frekvence přizpůsobena pomocí AI pro co nejbližší výstup z původního hlasu
- baterie a její kapacita
 - kapacita přístroje alespoň na 120 hodin (1 000 mAh)
 - kapacita nabíjení v pouzdře a její baterie na alespoň 120 hodin (1 000 mAh)
 - až 240 hodin (až 5 dní) bez nabíjení z pevného zdroje
- pouzdro přístroje
 - kompaktní pouzdro na jednoduché přenášení
 - pevné pouzdro zajišťující bezpečnost přístroje
- cena – od 11 000 po 18 000
 - snaha o ekvilibrium mezi cenou a kvalitou
 - placeno zdravotní pojišťovnou
 - snaha o postupném snížení ceny tohoto přístroje
 - umožnění lepší finanční dostupnosti

1.15.3. Elektrolarynx – nová podoba

I Inspirací pro tento přístroj zvaný jako *elektrolarynx* mi byla převážně sluchátka přes hlavu, přičemž se mi velice zalíbila myšlenka odstranění stigmatu pomocí redesignu přístroje tím, že z něho udělám nenápadný produkt a zároveň i při jeho povšimnutí i „módní“ produkt současného designu, který žádným způsobem nevzbudí jakékoliv stigma socia a okolního světa. Zároveň jsem si uvědomila, že je potřeba člověku dát na výběr, jak by se chtěl vyjádřit ve smyslu toho, že na trhu je několik značek výrobců elektrolarynxu, ale všechny jsou si velice podobné, pokud ne i stejné. Chtěla bych přidat nějakou hodnotu toho produktu a jak ho samotný uživatel vnímá. Při nahlédnutí na japonského inženýra Masaki Takeuchiho můžeme vidět pokrok ve směru snahy o změně umělého hlasu produkovaném transducery, snížení hluku rezonátorů a zvýšení srozumitelnosti a tvorba vlastního hlasu dle hlasu uživatele před operací za použití umělé inteligence AI k tvorbě vzorových map.

Byla určitá snaha k uvolnění obou rukou a co nejvíce se přiblížit k nejpřirozenějšímu fungování a bytí člověka před operací, a proto se zrušilo neustálé přemísťování přístroje z ruky na krk a zpátky. Tímto se dostáváme pouze na pohyb, při kterém se přístroj nasadí na krk, spustí se a funguje automaticky, už není potřeba periodického spuštění a vypínání frekvencí ručně, vše je zajištěno pomocí senzoru, který zaznamená všechny pohyby svalů spojené s mluvou a aktivuje nebo deaktivuje vibrace během několika milisekund.

Následné pohyby či přemísťování přístroje nejsou potřeba a jsou spíše vnímané jako nadbytečné a zbytečné, pokud se jedná o jeho používání.

Samotný *elektrolarynx* by ve finálním provedení obsahoval:

- vnitřní konstrukce nutná pro fungování přístroje (oscilátor, rezonátor)
- port na nabíjení z baterie uvnitř pouzdra, když je přístroj skoro či úplně vybitý, kdy přístroj vydrží v chodu až 240 hodin, což se rovná 10 dnům používání
- baterie
 - umístěna uvnitř pouzdra
 - 1000 mAh z původních 250 mAh – až 120 hodin výdrž baterie bez nabíjení
- protiskluzový povrch na vnitřní straně
- lehkost přístroje a vyvážení zátěže zajistí rovnovážný přenos sil a pomocí proti skluzného materiálu a nastavitelnosti se udrží na krku
- nastavitelná velikost (inspirace sluchátky a jejich lineárního posuvu)
 - snaha o pevnější držení, které zůstane na pozici i po ráznějším pohybu

1.15.4. Nabíjení

Původní myšlenkou nabíjení byla powerbanka pojata takovým způsobem, aby se zajistil co největší komfort pro uživatele. Jednalo se o doplněk navíc k elektrolarynxu, který může překážet při používání, ale není nutný pro každé použití přístroje. Powerbanku by bylo potřeba použít v případě, kdy je přístroj málo nabitý či skoro vybitý. Samotný elektrolarynx vydrží bez nabití až 120 hodin s baterií o výkonu 1000 mAh (mili-ampér-hodin), což je v přepočtu až pět dní. S powerbankou by následně zařízení vydrželo až 10 dní (240 hodin).

Powerbanka jako cílový produkt obsahuje magnetické bezdrátové nabíjení, což znamená, že je možné nabíjet nejen elektrolarynx bezdrátově a tak, že se pomocí magnetu k sobě přilepí a k tomu byla následně vymyšlen i stojan, na kterém se tato powerbanka umístí a na to i elektrolarynx. Celý pohled na to připomínají stojany na sluchátka přes hlavu vzhledem k tomu, že je zařízení přímo inspirované designem tohoto produktu.

Jako další zlepšení produktu je klipsna, pomocí které je možné powerbanku zaháknout za oblečení a tím omezit pohyb powerbanky a její případný pád na zem při naklonění nebo celkového pohybu člověka.

Toto byl původní cíl k nabíjení přístroje. V průběhu se tento cíl změnil a z nabíjení skrze powerbanky se přešlo na nabíjení skrze pouzdro, které přidává přidanou hodnotu pouzdra a snižuje se tím možnost odpadní elektroniky. Vše je následně v sekci 3D modely a prototypování vysvětleno a zdokumentováno.

Nové požadavky na cílový produkt:

- možnost nabíjení *elektrolarynxu* jako u bezdrátových sluchátek
 - jednodušší pro starší lidé s horší motorickou schopností
 - jednoduché nabíjení
- nabíjení uvnitř pouzdra pro *elektrolarynx* s USB-C portem pro nabíjení na zdroj
 - USB-C port pro input pevného přísunu elektrické energie
 - čtyři diody pro naznačení stavu baterie
- malá velikost a výkonnost přístroje dle norem
- powerbanka samotná může mít 1000 mAh
 - 4 nabíjení se rovná 120 hodin používání za všechna nabíjení
 - baterie přístroje a pouzdra mají dohromady 240 h fungování bez nabíjení

1.15.5. Pouzdro

Pouzdro je dalším produktem tohoto projektu. Je tu snaha o estetické pojetí celkového designu a zajištění bezpečnosti proti pádu a otřesům přístroje během cesty či doručování uživateli. Klade se tu za cíl, co nejmenší možná krabička vzhledem k rozměrům přístroje, powerbanky, kabelu, adaptéru a stojanu, který je skládací a to, že se vše má vejít do omezeného prostoru.

Krabice byla proto po několika zkouškách a testech rozdělena na tři úrovně:

1. úroveň se nachází na dně krabice, ve které je rozložený stojan
2. úroveň je hned nad první a tam jsou elektrolarynx společně s kabelem a adaptérem
3. úroveň se nachází na víku pouzdra, kde je umístěna powerbanka

Pomocí tohoto rozdělení jsem zajistila prostor pro všechny položky a estetický vzhled.

Cíle pro navrhovaný produkt:

- Přizpůsobit pouzdro tvaru přístroje a příslušenství
- Zajistit malé a kompaktní pouzdro
 - Přenášení i v menších prostorech jako je kabelka nebo taška
 - Elegantní řešení a vzhled
- Zajištění ergonomického tvaru pouzdra přístroje pro přenos bez tašky
- pohodlnost – portabilní – kompaktní – lehkost – do tašky i bez ní
- čistý design s náznakem co je přístroj zač
- zajištění kvalitního uzavření/uzamčení, které vydrží a nic z toho nevypadne

Původní pouzdro obsahovalo:

- *Elektrolarynx*
- Powerbanka/bezdrátová nabíječka
- 1x kabel s USB a USB-C konci a adaptér

Nový návrh pouzdra následně obsahuje pouze daný přístroj elektrolarynx a baterii s nabíjením uvnitř pouzdra.

1.15.6. Aplikace do mobilu (koncept)

Aplikace do mobilu by byla pro lidi po operaci hlasivek či po částečné nebo totální laryngektomii, ve které si budou moci zaznamenávat události jako schůzky u doktora, důležité termíny a zároveň zaznamenávat své psychické zdraví, jak se ten den cítí, jejich bolest před nebo po operaci. Z aplikace se postupně pro uživatele stane deník, v němž si bude zaznamenávat, co ho trápí a jak se cítí.

Zároveň bude aplikace nabízet praktické návody, rady a tipy, jak se o sebe starat po operaci, co vše je potřeba mít či časem si zajistit, cviky k jednotlivému se učení znovu mluvit pomocí jícnového hlasu či protetických náhrad nebo i pomocí elektrolarynxu a hygienické zásady, které se bude muset pacient po operaci naučit a následně se stanou i jeho zvykem pro zajištění optimálního zdraví člověka bez komplikací. To samozřejmě neznamená vypustit cvičení u foniatra nebo přestat chodit na lékařské prohlídky po operaci, jedná se pouze o pomocníka, který dává užitečné rady a připomíná například cviky od foniatra, na které pacient může zapomenout. V aplikaci by bylo možné si přesně nastavit časy ve dnech, kdy si je pacient chce procvičovat a aplikace ho na to upozorní. Zabírá funkci kalendáře, ale není potřeba přeskokovat z aplikace do kalendáře, protože vše je úhledně na jednom místě.

Aplikace se tímto se stává doprovodem před a po operaci a psychickou oporou tím, že je možné zadávat pocity, psát si poznámky a vyplňovat dotazníky či si psát s lidmi ve stejné situaci a rozšiřovat své „know-how“ v této oblasti. Člověk se svou situací začne postupně smiřovat a přijde i chvíle melancholie a špatného psychického stavu, který může trvat i velice dlouho a u některých lidí to tak zůstává, ale postupně s podporou rodiny, přátel a třeba známých, se může tento člověk „navrátit k životu“. Možná i pomocí nového redesignu tohoto přístroje dojde i k navrácení k životu, který jsme si mysleli, že je navždy ztracen.

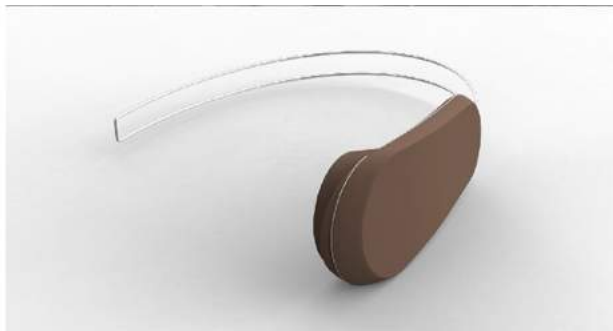
Obsahuje:

- pomoc po operaci
 - návody, video-návody a tipy na dané druhy komunikace bez hlasivek a jak postupovat
 - péče o tělo před a po operaci (vše, co je potřeba znát a zařídit si)
 - návody jak na správnou hygienu ventilu
 - pomůcky po operaci a ke komunikaci
-
- pomoc s navrácením do společnosti
 - pomoc s překonáním strachu a nejistot (videa lidí se stejnými podmínky nějakou dobu po operačním zákroku a zaučení foniatrem, jakožto zpráva pro další pacienty s touto fyzickou překážkou, která může zasáhnout i psychicky u 99 % lidí)

2. Proces navrhování

2.1. Obrazová rešerše a inspirace tvary a dalšími přístroji

2.1.1. Elektrolarynx



Obr. 37: koncept elektrolarynx



Obr. 38: koncept elektrolarynxu



Obr. 39: tvarové inspirace



Obr. 40: tvarové inspirace



Obr. 41: tvarové inspirace



Obr. 42: tvarové inspirace



Obr. 43: tvarové inspirace



Obr. 44: koncept elektrolarynxu



Obr. 45: military microphone



Obr. 46: microphone



Obr. 47: military microphone



Obr. 48: tvarové inspirace



Obr. 49: tvarové inspirace



Obr. 50: military microphone



Obr. 51: military microphone



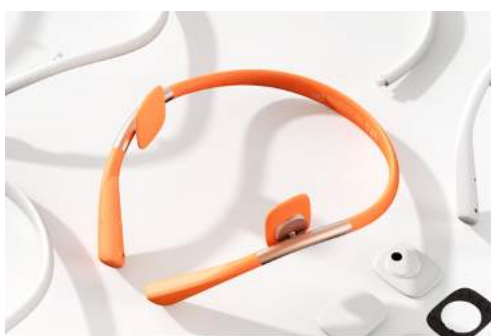
Obr. 52: military microphone



Obr. 53



Obr. 54



Obr. 55: naslouchátko

Obr. 56: SHARP



Obr. 57



Obr. 58



Obr. 59: Sluchátka



Obr. 60



Obr. 61



Obr. 62: Sluchátka



Obr. 63: Chladící přístroj na krk



Obr. 64: Chladící přístroj na krk



Obr. 65: Chladící přístroj na krk



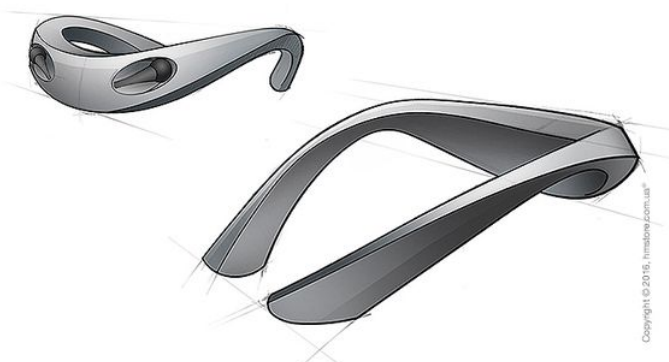
Obr. 66



Obr. 67



Obr. 68



Obr. 69



Obr. 70



Obr. 71



Obr. 72



Obr. 73



Obr. 74



Obr. 75



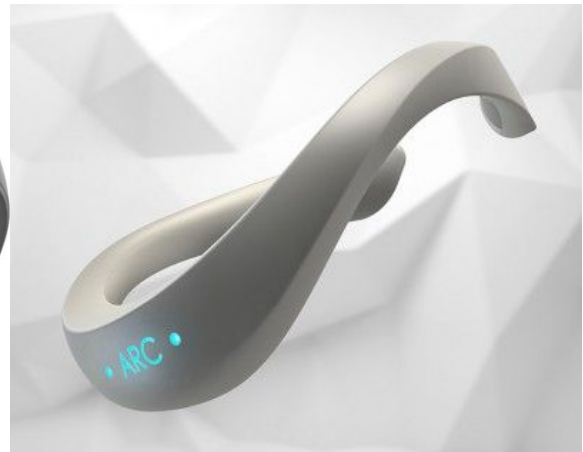
Obr. 76



Obr. 77



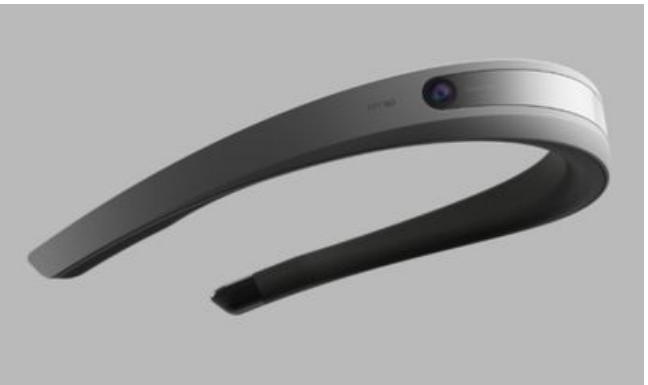
Obr. 78



Obr. 79



Obr. 80



Obr. 81



Obr. 82



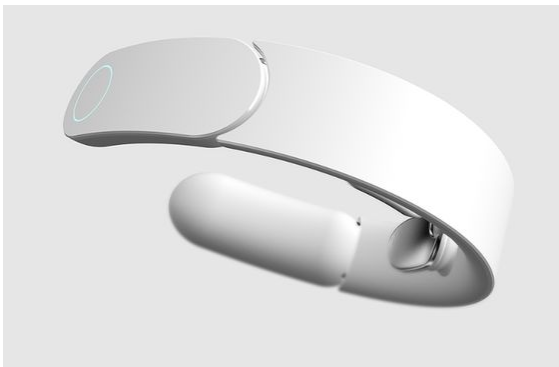
Obr. 83



Obr. 84



Obr. 85



Obr. 86



Obr. 87



Obr. 88



Obr. 89



Obr. 90

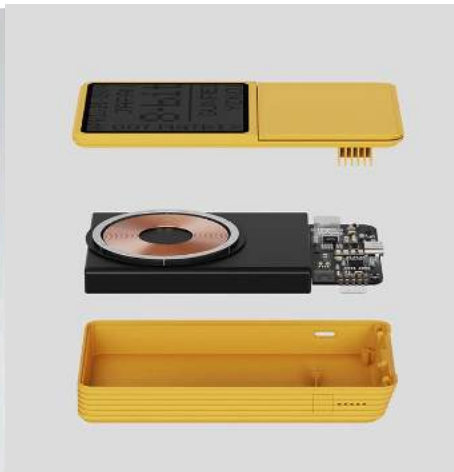


Obr. 91

2.1.2. Nabíjení



Obr. 90



Obr. 91



Obr. 92



Obr. 93



Obr. 94



Obr. 95



Obr. 96



Obr. 97



Obr. 98



Obr. 99



Obr. 100



Obr. 101



Obr. 102



Obr. 103



Obr. 104



Obr. 105



Obr. 106



Obr. 107



Obr. 108



Obr. 109



Obr. 110



Obr. 111



Obr. 112



Obr. 113



Obr. 114



Obr. 115

2.1.3. Adaptér a kabel



Obr. 116



Obr. 117



Obr. 118



Obr. 119



Obr. 120



Obr. 121



Obr. 122



Obr. 123



Obr. 124



Obr. 125



Obr. 126



Obr. 127



Obr. 128



Obr. 129



Obr. 130



Obr. 131



Obr. 132



Obr. 133



Obr. 134



Obr. 135

2.1.4. Pouzdro



Obr. 136



Obr. 137



Obr. 138



Obr. 139



Obr. 140



Obr. 141



Obr. 142



Obr. 143



Obr. 144



Obr. 145



Obr. 146



Obr. 147



Obr. 148



Obr. 149



Obr. 150



Obr. 151



Obr. 152



Obr. 153



Obr. 154



Obr. 155



Obr. 156



Obr. 157



Obr. 158

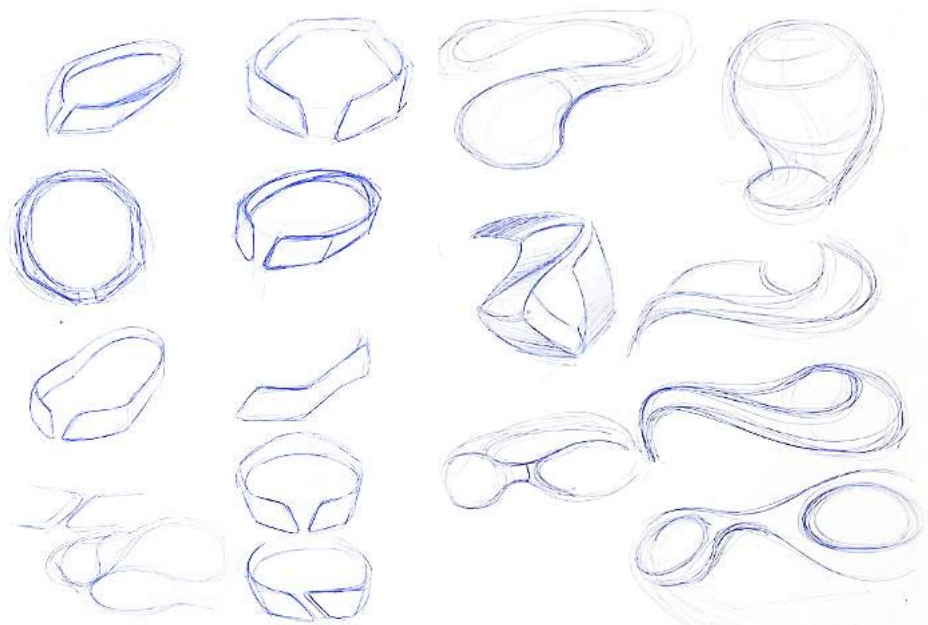
2.2. Návrhy a myšlenky

2.2.1. Elektrolarynx (1.16.3.)

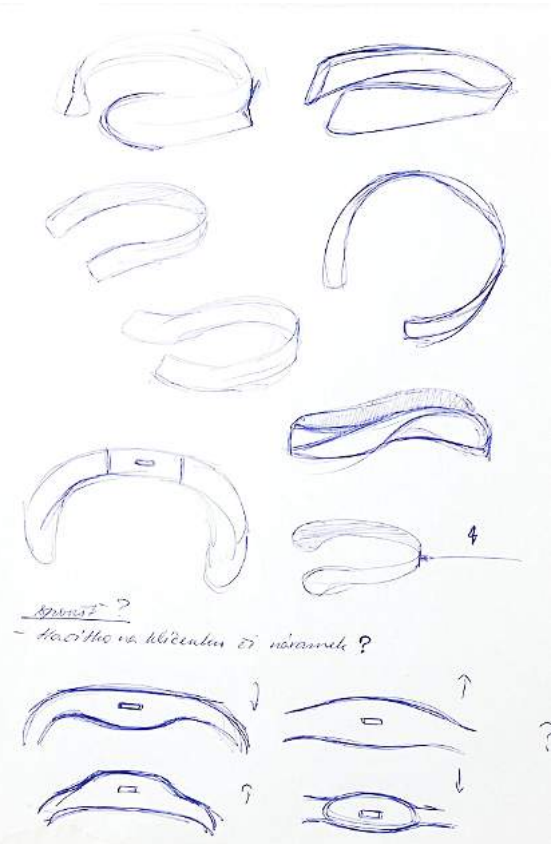
Inspirací pro přístroj elektrolarynx jsem brala převážně z military microphone vysílače umístěný na krk, přičemž byla snaha o uvolnění obou rukou a co nejvíce se přiblížit k nejpřirozenějšímu fungování a bytí člověka tím, že se zruší neustálé přemísťování přístroje z ruky na krk a zpátky a dostaneme se pouze na pohyb, při kterém se přístroj nasadí na krk, spustí se a funguje automaticky, tedy nezávisí na periodickém spuštění a vypínání frekvencí. Následné pohyby či přemísťování přístroje nejsou potřeba a jsou spíše vnímané jako nadbytečné či zbytečné.

Samotný elektrolarynx by ve finálním provedení obsahoval:

- vnitřní konstrukce nutná pro fungování přístroje (oscilátor, rezonátor)
- port na nabíjení z pouzdra, když je přístroj skoro či úplně vybitý
- baterie
 - umístěna uvnitř pouzdra
 - nabíjení přístroje jako u bezdrátových sluchátek na stanici
 - 1000 mAh z původních 250 mAh – až 120 hodin výdrž baterie bez nabíjení
- protiskluzový povrch na vnitřní straně
- lehkost přístroje a vyvážení zátěže zajistí rovnovážný přenos sil a pomocí proti skluzného materiálu a nastavitelnosti se udrží na krku (military microphone)
- nastavitelná velikost (inspirace sluchátky a jejich lineárního posuvu)
 - snaha o pevnější držení, které zůstane na pozici i po různějším pohybu



~~Handwritten scribble~~

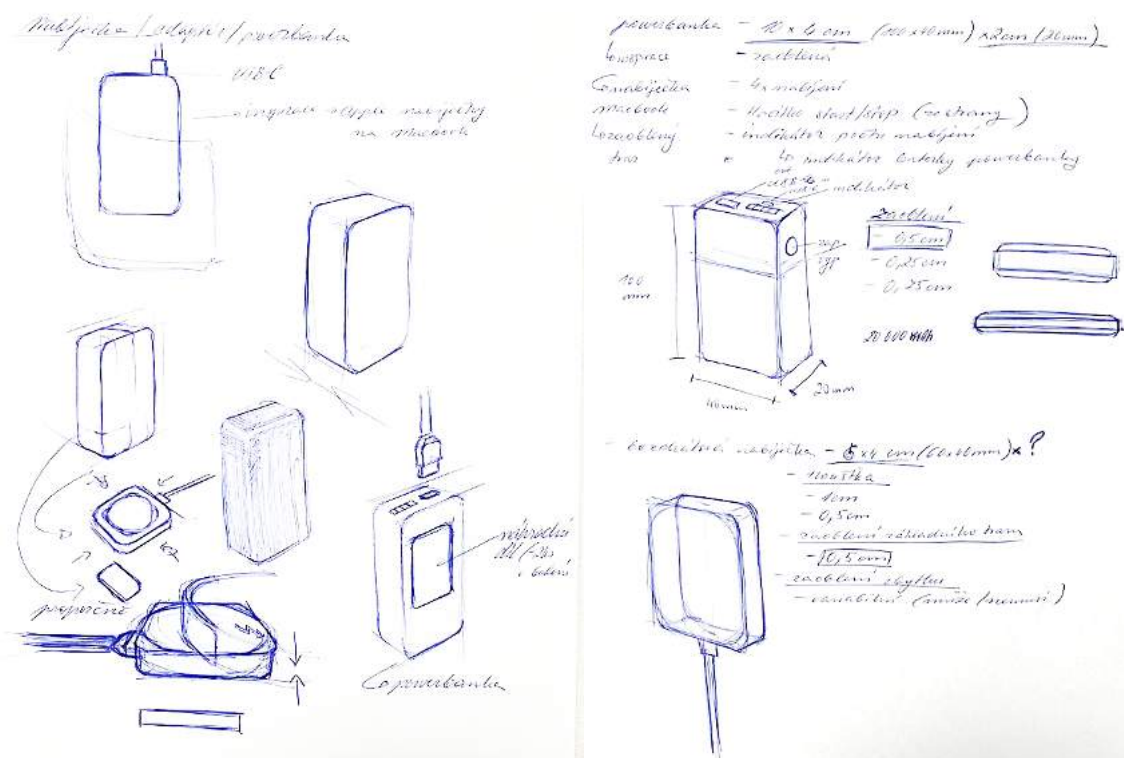


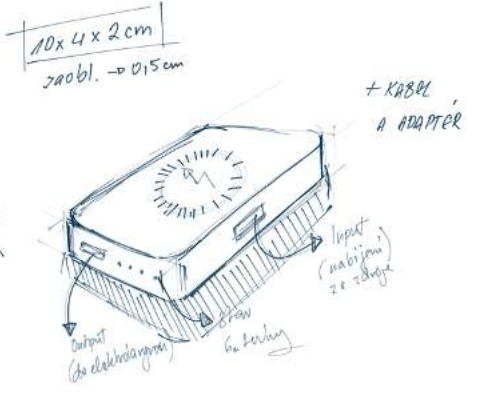
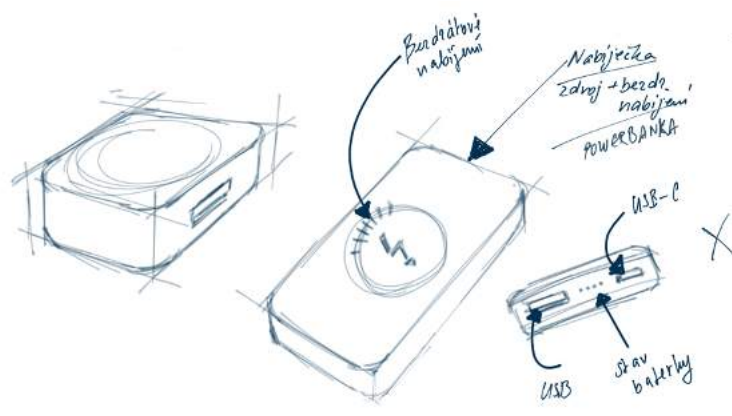
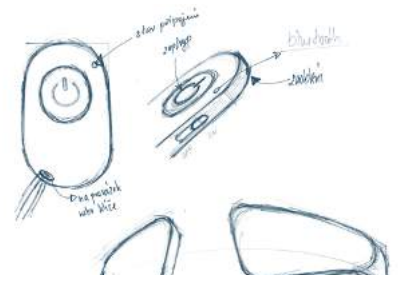
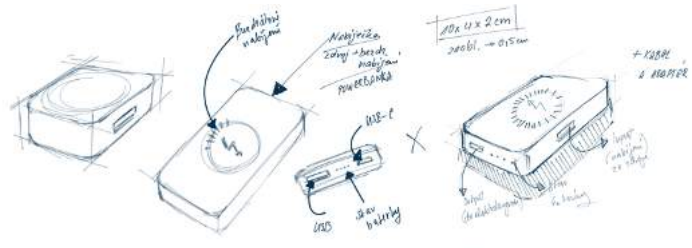
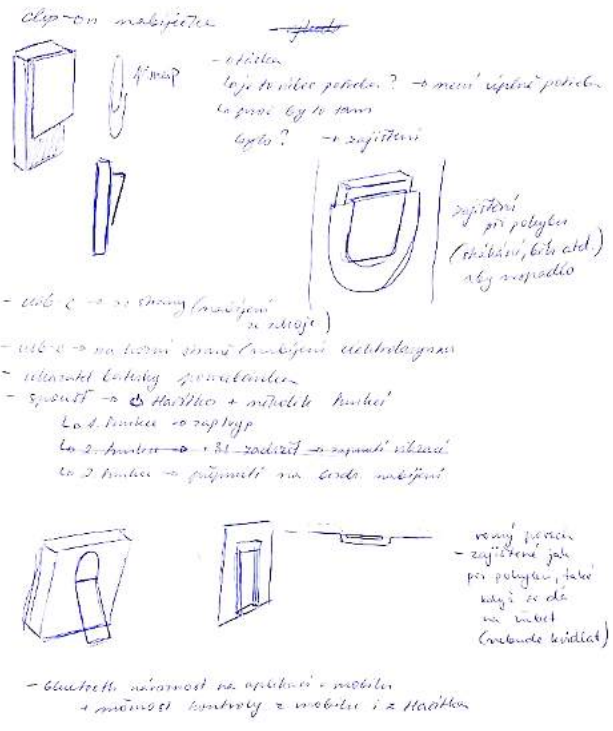
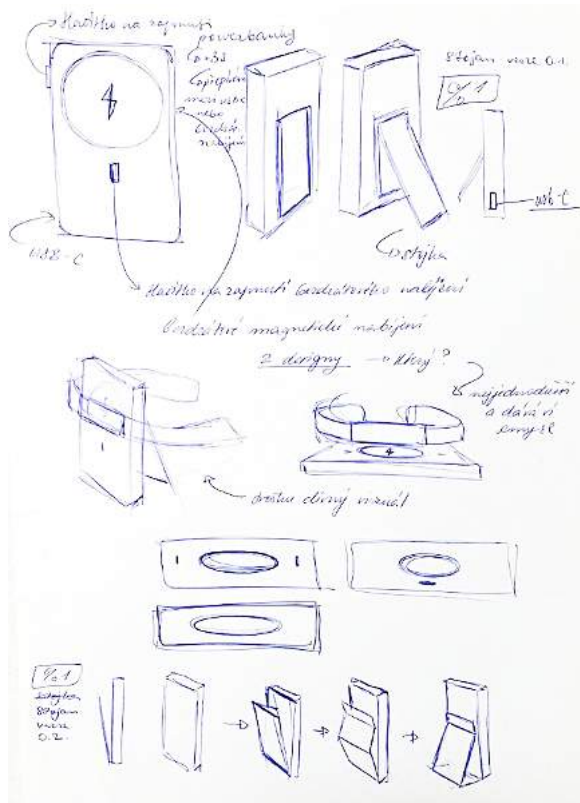
2.2.2. Nabíjení (1.16.4.)

- Původně powerbanka a magnetická bezdrátová nabíječka v jednom produktu
- Nově – nabíjení uvnitř pouzdra jako u nabíjení bezdrátových sluchátek

Požadavky na cílový produkt:

- možnost nabíjení elektrolarynxu z obou částí
- malá velikost a výkonnost přístroje vycházející z normalizovaného nabíjení
- USB-C port umístěn ze zadní strany pouzdra, které zajišťuje pohodlné připojení na kabel, adaptér a posléze i na zdroj elektřiny
- nabíjení může mít 1000 mAh
 - 4 nabíjení se rovná 120 hodin používání za všechna nabíjení
 - baterie přístroje a baterie pouzdra mají dohromady 240 h fungování bez nabíjení





2.2.3. Pouzdro (1.16.5.)

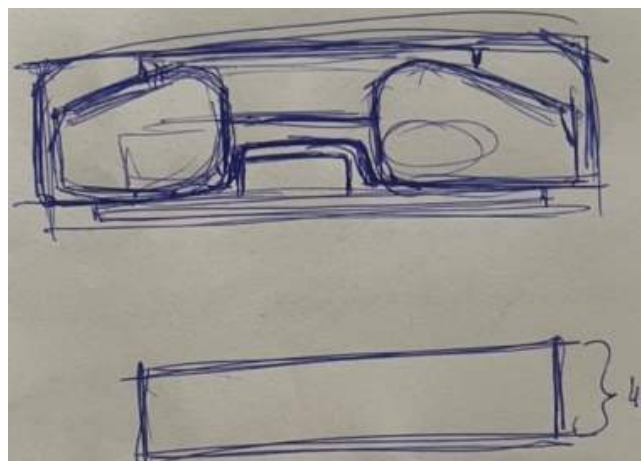
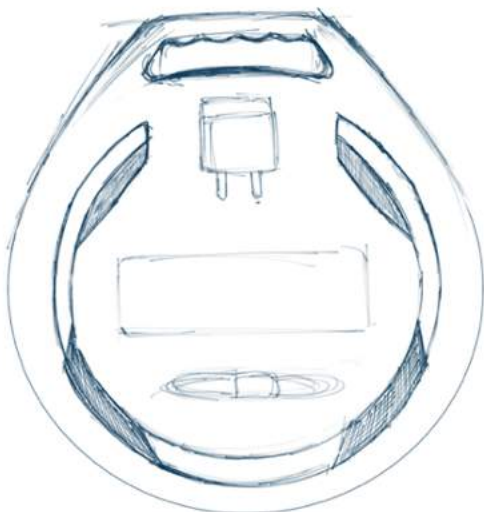
Cíle pro produkt:

- Přizpůsobit pouzdro tvaru přístroje a příslušenství
- Zajistit malé a kompaktní pouzdro
 - Přenášení i v menších prostorech jako je kabelka nebo taška
- Zajištění ergonomického tvaru pouzdra přístroje pro přenos bez tašky
- pohodlnost – portabilní – kompaktní – lehkost – do tašky i bez ní
- čistý design s náznakem co je přístroj zač
- zajištění kvalitního uzavření/uzamčení, které vydrží a nic z toho nevypadne

Pouzdro by následně obsahovalo:

- Elektrolarynx
- Nabíječka uvnitř pouzdra
- USB-C port na nabíjení na zadní straně pouzdra
- Spoušť na elektrolarynxu v podobě dotykového tlačítka

Poslední bod je vyřešen pomocí výzkumné studie, která zkoumá, zda je možné spustit elektrolarynx pouze pomocí senzoru zaznamenávající pohyb svěračů a zvedačů hlavy a svalů, které jsou přímo svázané s řečí. Podle výzkumné studie je to možné, což je základním kamenem této práce a to, že je možné spouštět elektrolarynx automaticky bez pomoci rukou, a aniž by se přemísťoval přístroj z místa A na místo B.

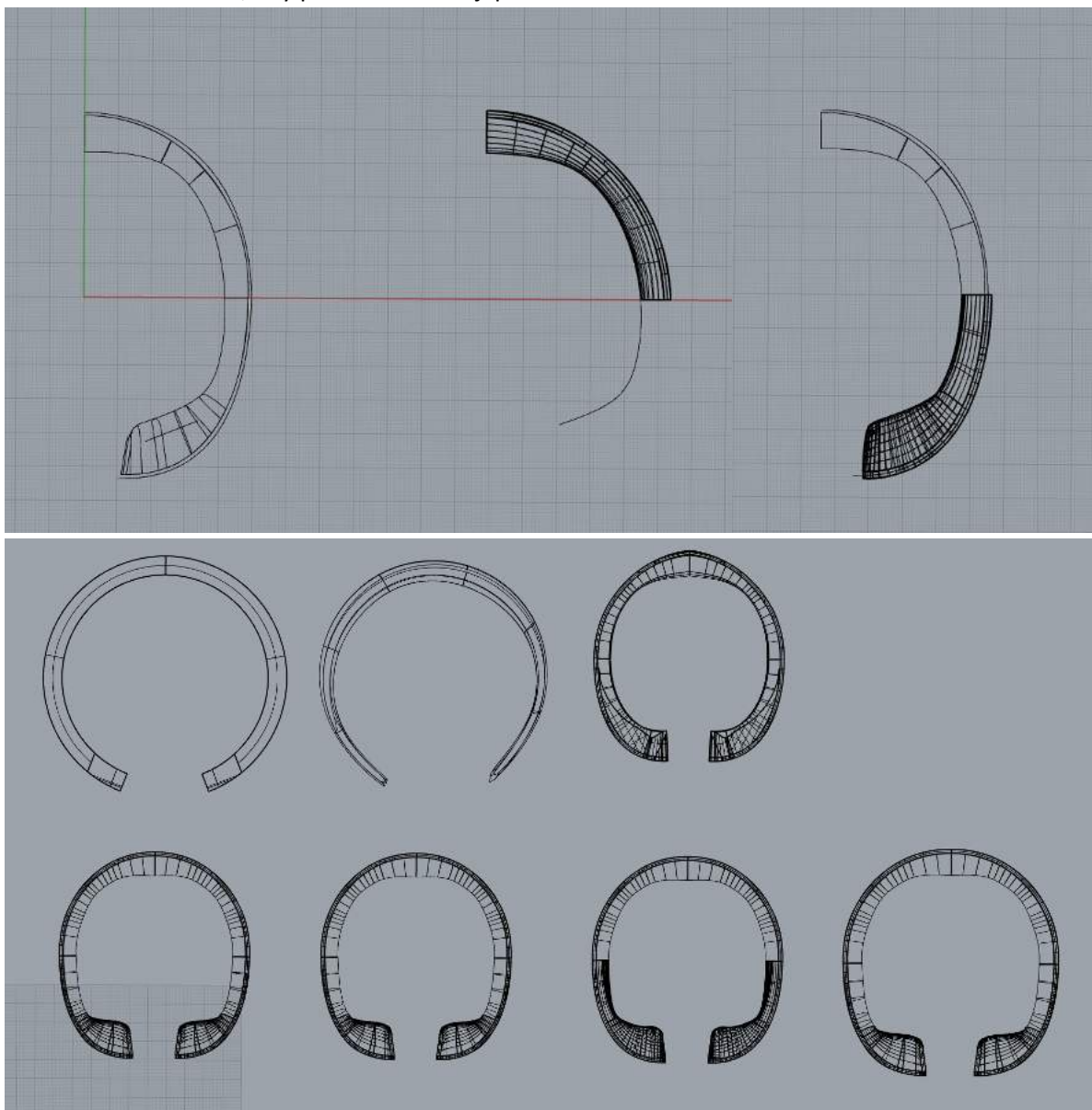


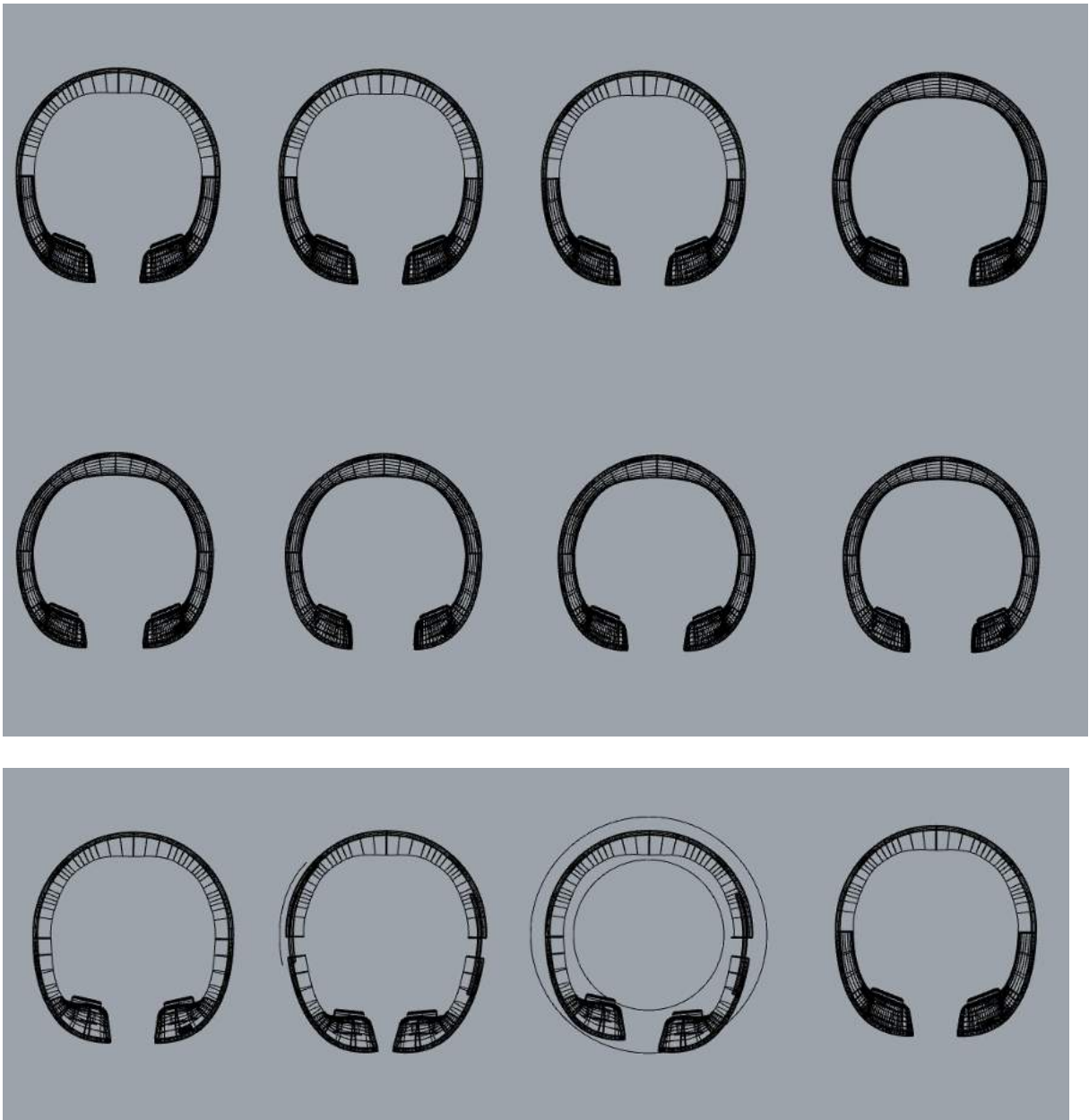
3. Prototypování a testování

3.1. Elektrolarynx – 3D modely

Fáze č. 1 – hledání tvarů

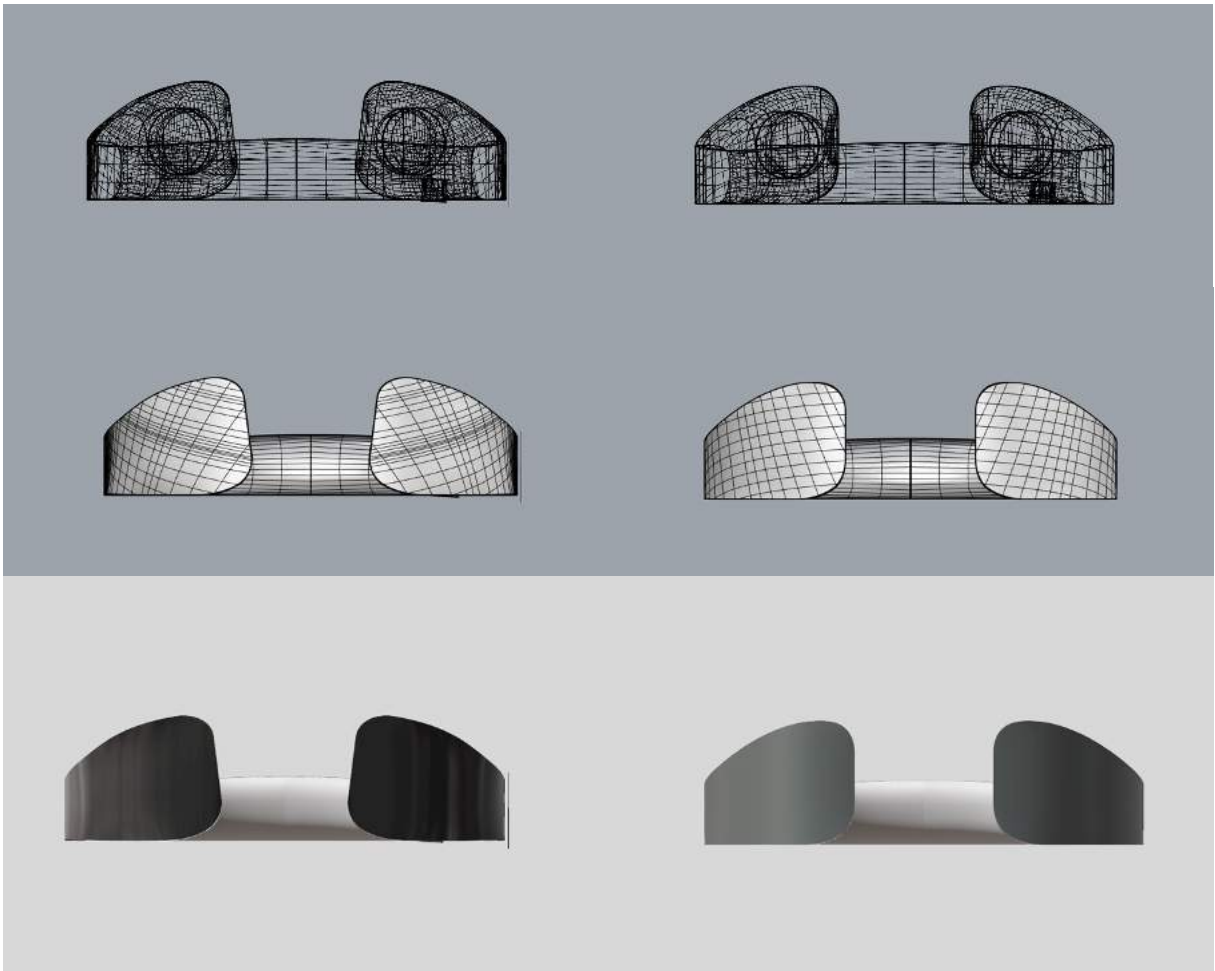
Pro optimální tvar tohoto přístroje bylo potřeba prozkoumat tvar samotné šíje, na kterou by se tento produkt umísťoval. Pomocí zkoumání vlastní šíje a dalších lidí a za pomoci různých učebnic anatomie, jsem dospěla k tvaru velice podobnému této části těla a přidala křivky, které zajistí podporu při jeho nošení. Zkoumala jsem ze začátku jak tvar elektrolarynxu, který by opisoval tvar kruhu, ale po jeho vytištění na 3D tiskárně a zkušce jsem došla k názoru, že je potřeba další iterace tvaru tak, aby padla na krk a šíji perfektně.





fáze č. 2 – hledání úhlu „sluchátek“ pro větší pohodlí uživatele

Zde docházím k stádiu, kdy tvar přístroje je již vyzkoušený a nalezený jakožto nejlepší varianta a přicházíme k detailu „sluchátek“ tohoto přístroje, kdy jsem vytvořila dvě varianty a to jedna s určitým úhlem daných sluchátek a jedna s 90 stupňovou linií: Zvolila jsem variantu napravo, která zajistí, že přístroj nebude překážet uživateli v dýchání. Tady bereme i v potaz využití přístroje i uživatele, kteří neměli laryngektomii a mohou mít jiné specifikace, které vedou k tomu, že není možné komunikovat s ostatními za použití hlasivek. Může se jednat o pacienty s nevyvinutými hlasivkami, nebo ti kteří hlasivky mají operačním zákrokem odstraněné či jiné.



fáze č. 2

V této fázi jsem se snažila o zjemnění veškerých hran včetně ostřejší křivky navrchu „sluchátek“. Zde je i porovnání mezi ostrou (nahore) a zjemněnou křivkou (dole):



Vývoj modelů



Fáze č. 3 – možnosti barevného sladění



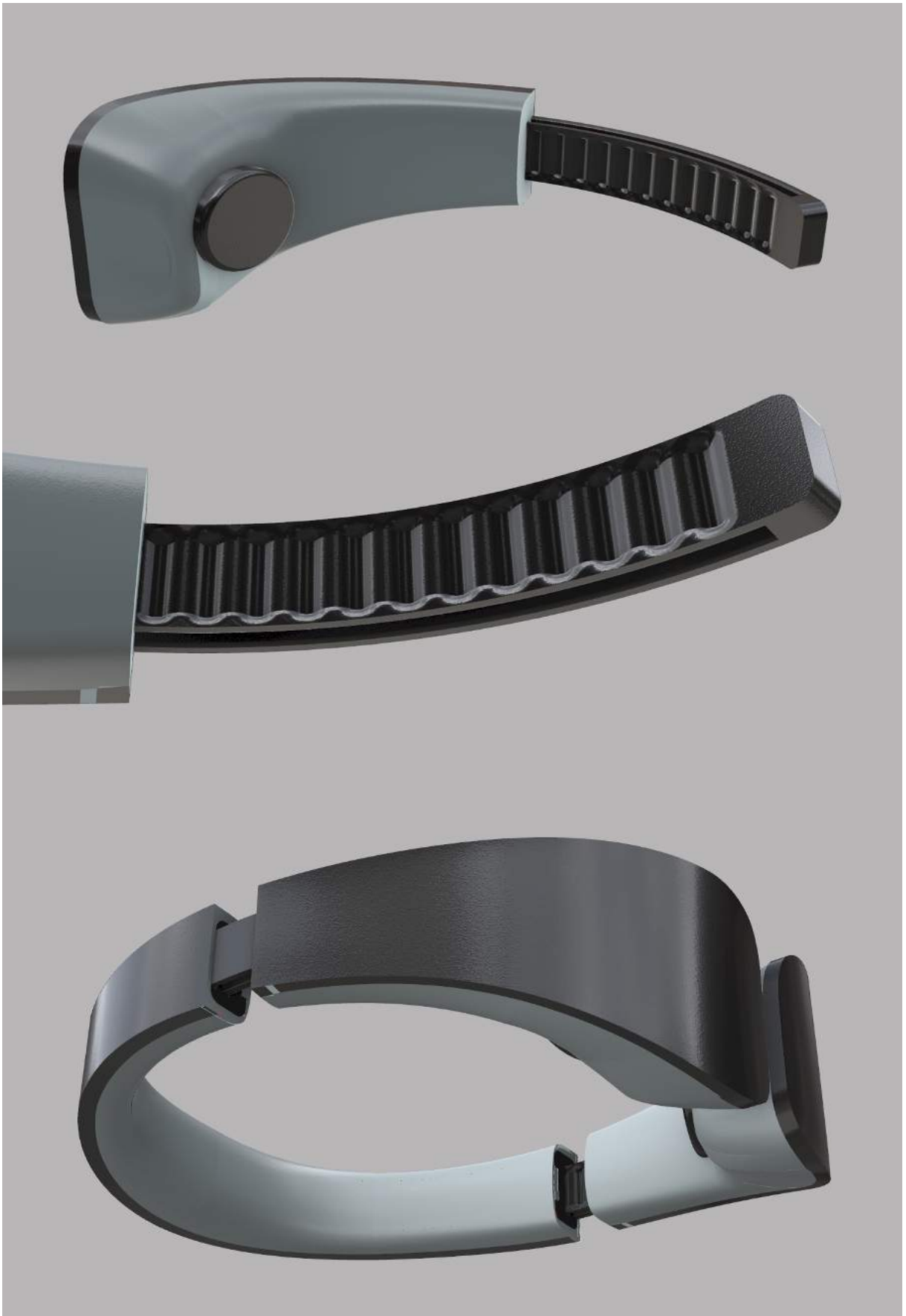
Různé úhly zvoleného 3D modelu





Elektrolarynx s pojezdy a variabilitou velikosti za pomoci jazyku





Barevné varianty

Pro barevnost tohoto přístroje jsem zvolila kombinaci tří barev a to bílou, šedou a černou. Tyto barvy by bylo možné jakkoliv kombinovat a vzniklo by 9 možných kombinací, pokud počítáme s tím, že je možné měnit vnější i vnitřní barvu jako je na názorných obrázcích níže.

Můžeme mít kombinace v tomto pořadí (vnější barva x vnitřní barva):

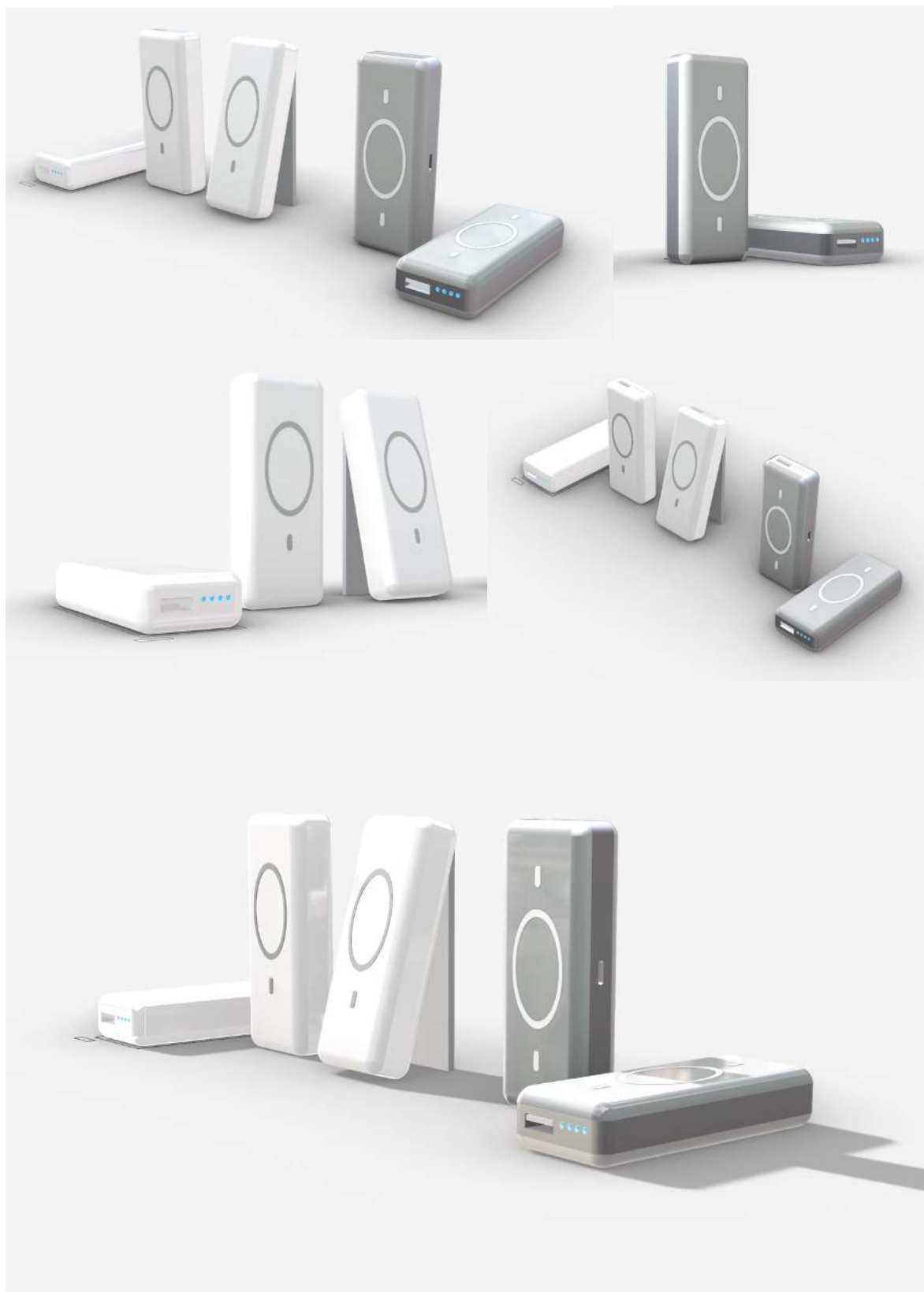
- | | | |
|----------------|----------------|-----------------|
| – Bílá x bílá | – šedá x bílá | – černá x bílá |
| – Bílá x šedá | – šedá x šedá | – černá x šedá |
| – Bílá x černá | – šedá x černá | – černá x černá |





3.1.1. Nabíjení

První modely dle původního návrhů:



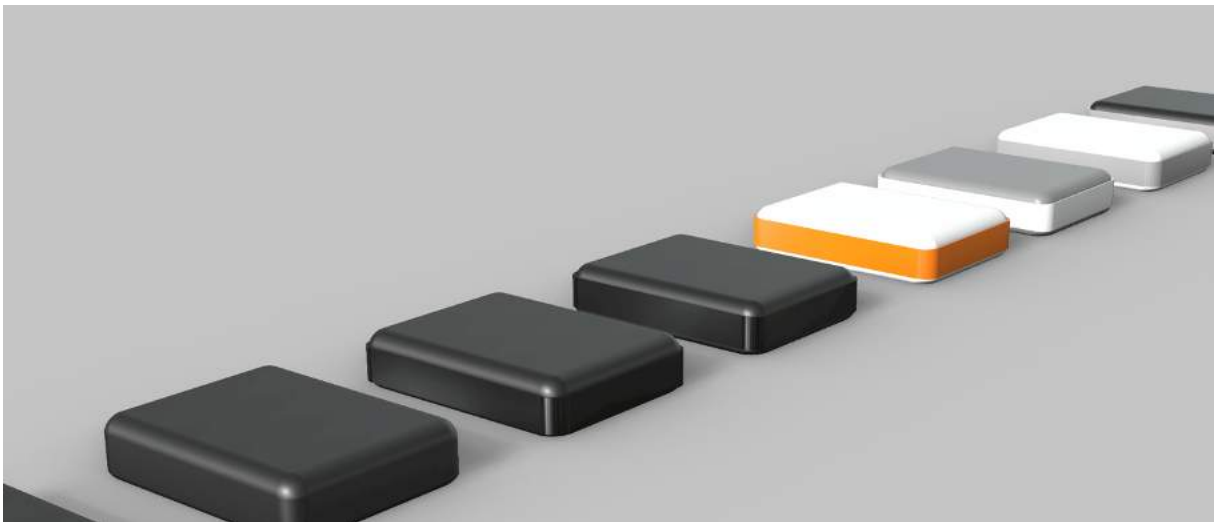
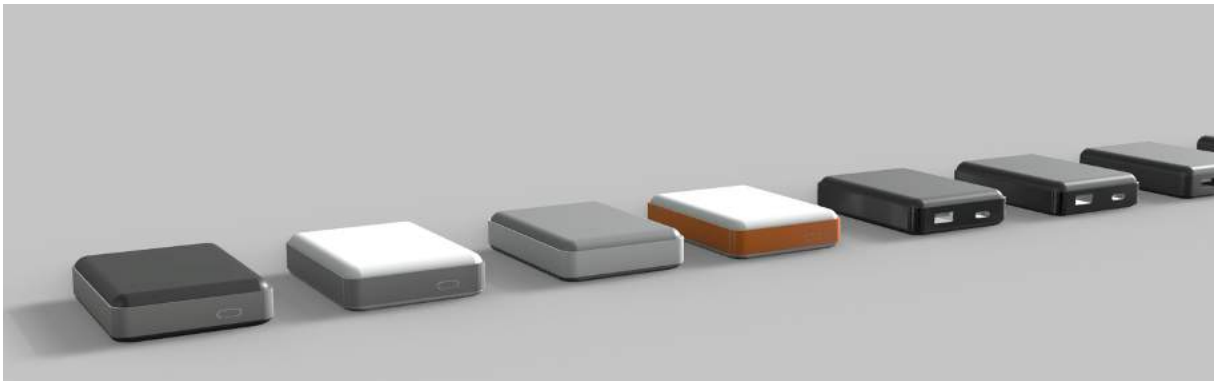
Po otestování a re-evaluaci č.1:

(podobný text se vyskytne i u kapitoly prototypování a testování)

Po otestování prvních návrhů tím, že jsem je vytiskla pomocí aditivní technologie FDM 3D tisku, jsem udělala v modelu několik změn, počínaje velikostmi.

- Nejprve jsem celý model zvětšila, kdy šířka modelu se z původních 40 mm zvětšil na 80 mm, výška i hloubka zůstaly stejné (100 mm a 20 mm). Přemýšlela jsem nad tím, že je možné nabíjet touto powerbankou i další chytrá zařízení jako jsou hodinky, chytré mobily či například chytré prsteny. Chtěla jsem nabíjení také velikostně přizpůsobit velikosti chytrého mobilu, proto jsem rozměry změnila i podruhé a potřetí a následně zůstala u rozměrů tzv. „mini“ powerbanky o velikostech 80x60x20 mm (výška x šířka x hloubka). Toto jsou ideální rozměry, jak pro nošení powerbanky v kapse, protože je šířkou o něco menší než iPhone 12 od firmy Apple a výškově též







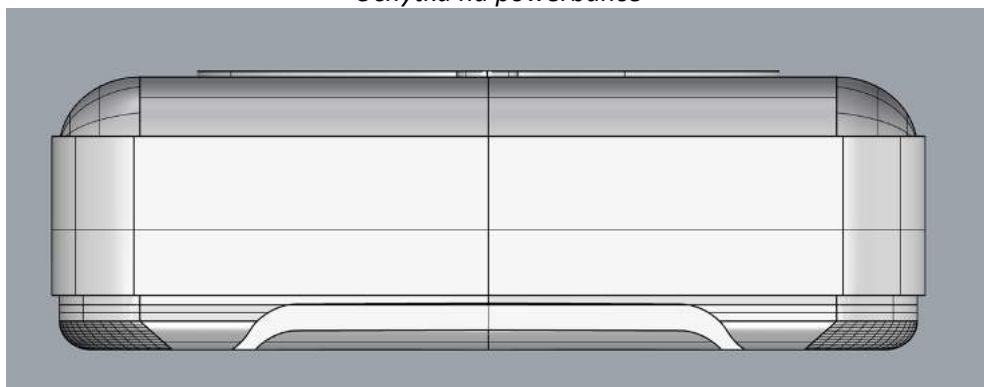
Bezdrátové nabíjení



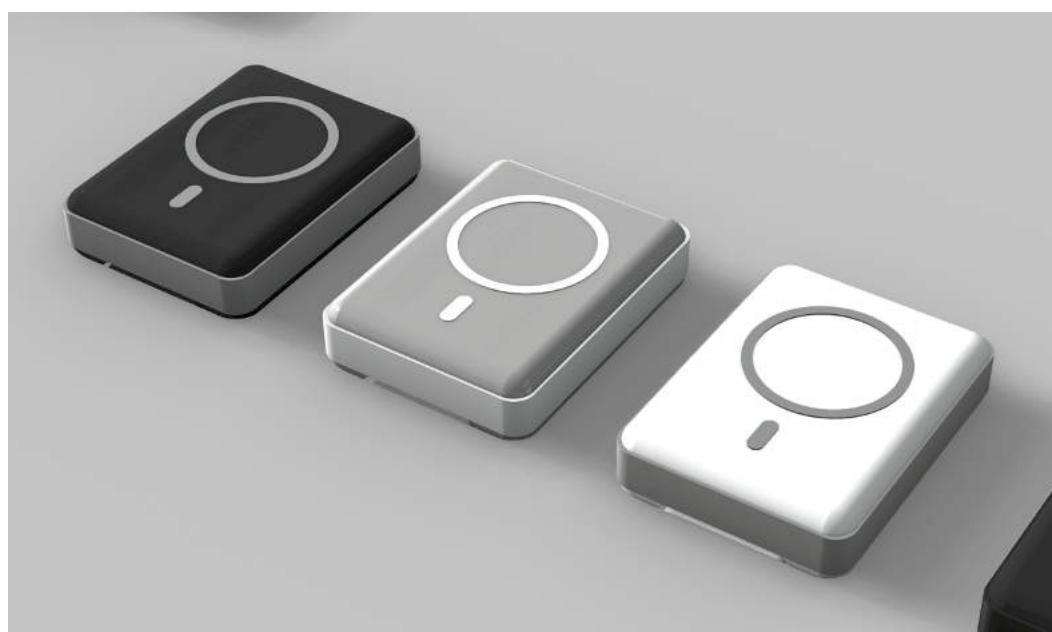
USB-A a USB-C porty a diody zobrazující nabití powerbanky



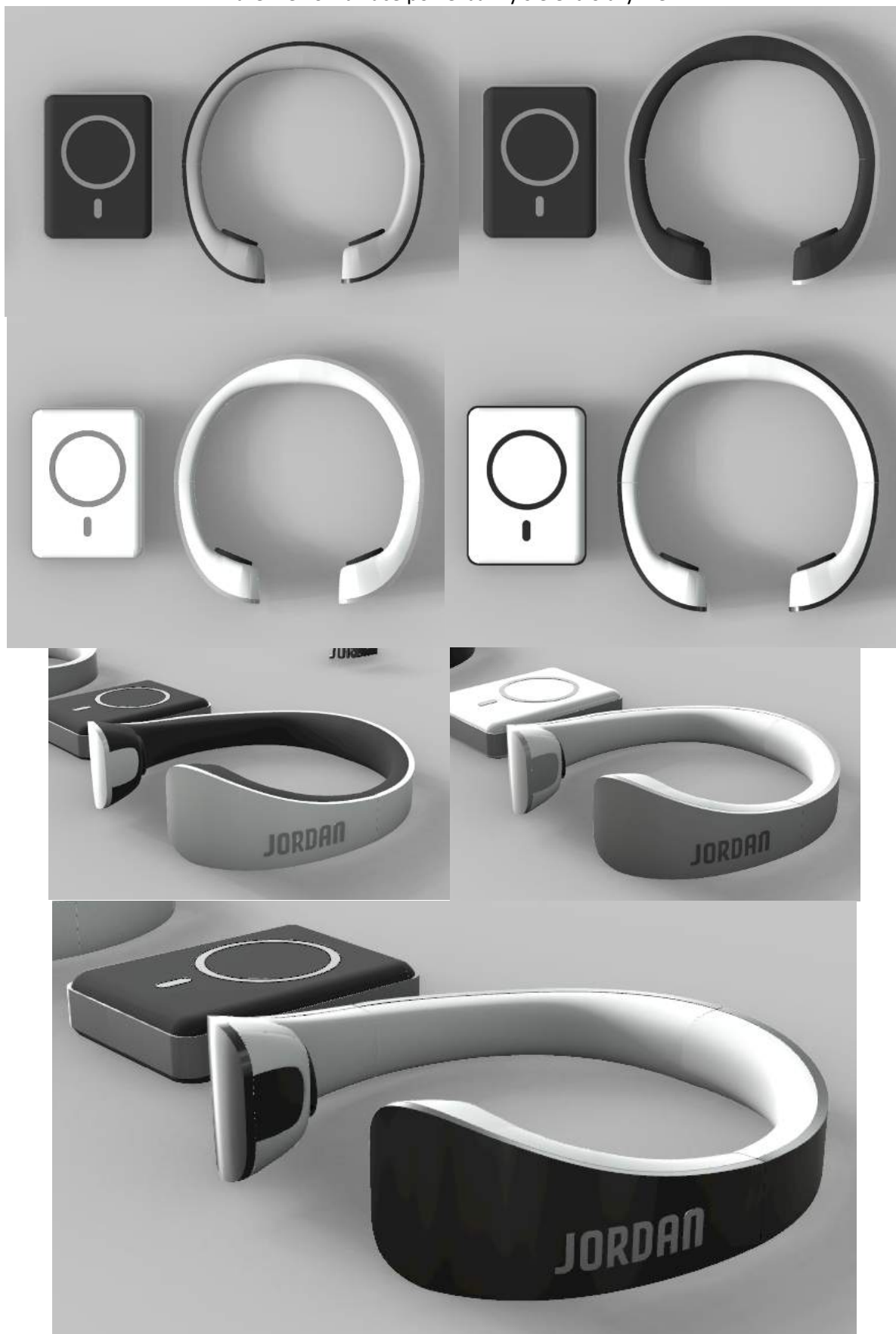
Úchytka na powerbance



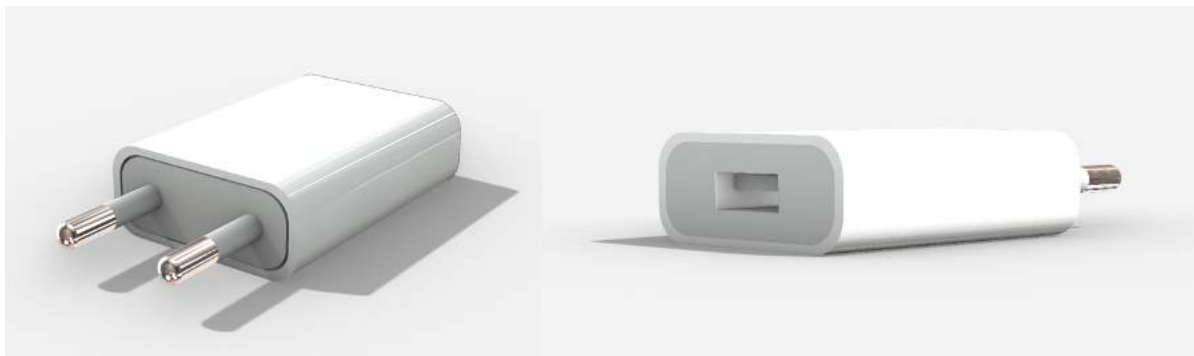
Barevné kombinace v různých pohledech



Barevné kombinace powerbanky s elektrolarynxem



3.1.1. Adaptér a kabel



Po otestování a re-evaluaci č.2:

(podobný text se vyskytne i u kapitoly prototypování a testování)

Po otestování dalších návrhů a doplnění znalostí toho, jaké jsou další možnosti nabíjení, jsem došla k závěru, že je možné nabíjení elektrolarynxu umístit uvnitř cestovního pouzdra, což zajistí několik výhod a to:

- Zmenšuje se potřeba pro další produkt → powerbanka
- Zefektivňuje se použití přístroje
- Je to způsob nabíjení, který velká část obyvatelstva zná a s pohodlím využívá
- Je to pohodlnější způsob nabíjení s menším počtem manipulací

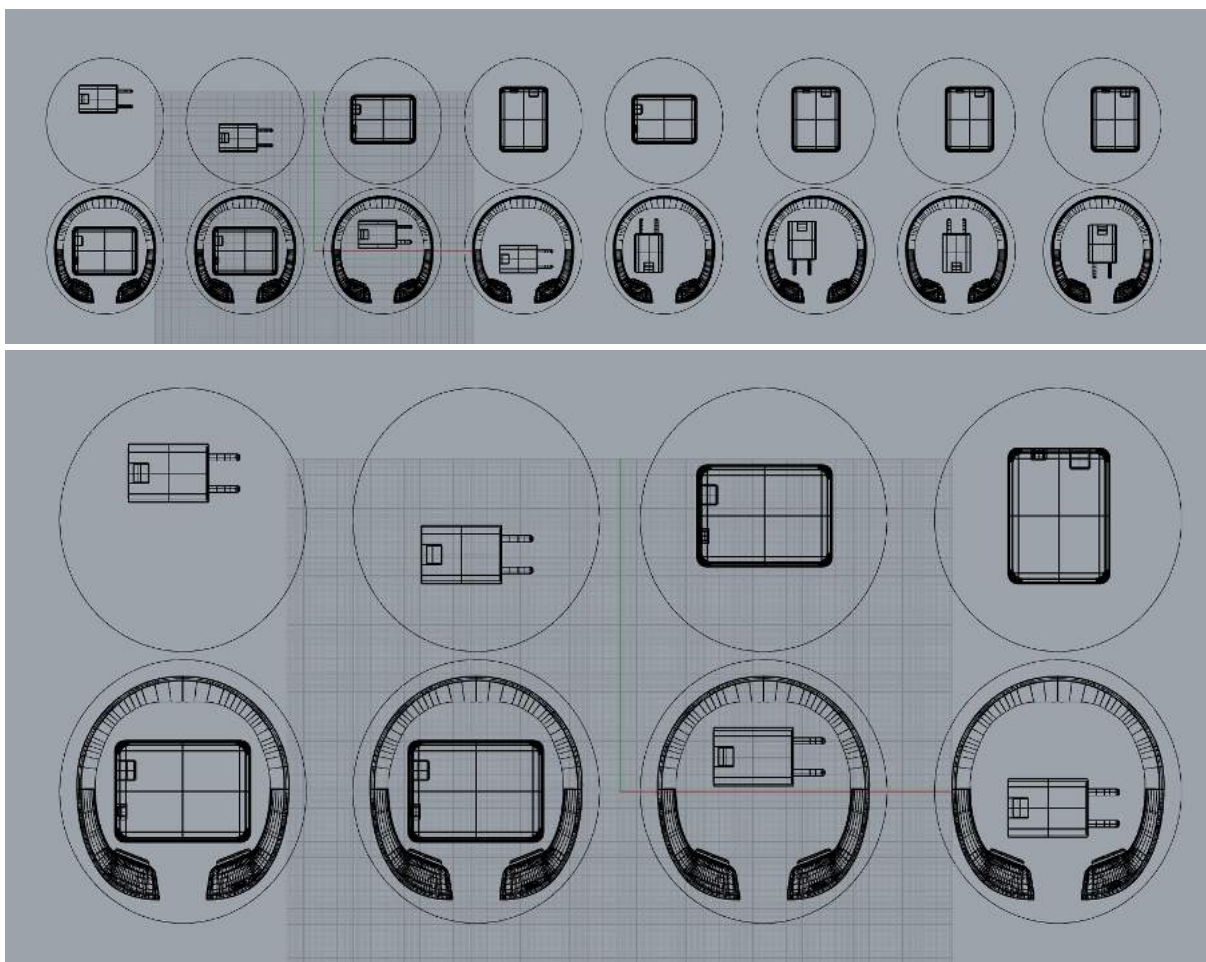
K této změně nemohu popsat žádné nevýhody, jelikož touto iterací v designu zmenšíme spotřebu plastu a zároveň dodáváme pouhému pouzdru další praktickou funkci. Důvodem volby této metody nabíjení je jednoduchý a to, že pouzdro je nejen úložným prostorem, ale také i bezpečným úložištěm přístroje a nově i nabíjecí stanicí, která svým tvarem i vzhledem nepřekáží a je také i skladného tvaru, který umožňuje jeho použití nejen na delších cestách, ale také například i na každodenní cesty do/z práce atd..

Tímto není zapotřebí i adaptér. Jedná se o to, že chceme rostoucímu počtu odpadní elektroniky zamezit tímto způsobem: Víme, že každá domácnost a její členové mají k dispozici přístroj pro komunikaci s vnějším světem a to telefon nebo také „smartphone“. Tyto přístroje vyžadují nabití baterky v určitém stádiu k používání, což znamená, že domácnosti mají k dispozici stejný nebo dokonce i větší počet nabíjecích zařízení neboli nabíječky. Tím, že se uvádí na trh pouze samotné zařízení, jak již bývá určitou dobu zvykem, zamezujeme zbytečné odpadní elektroniky a šetříme tím přírodu. Proto jsou jak koncovky, tak i porty USB-C.

3.1.2. Pouzdro

Ve chvíli, kdy jsem měla všechny potřebné modely produktů včetně samotného zařízení ve finálním rozměru, jsem začala organizací pouzdra.

Vyznačila jsem si pole působnosti jak horního, tak i spodního víka, ve kterém budou všechny prototypy uloženy a zkoušela jsem měnit jejich uspořádání a přijít s nejlepším uložením a jako nejlepší mi připadalo využití prostoru obou víček pouzdra pro ušetření místa.

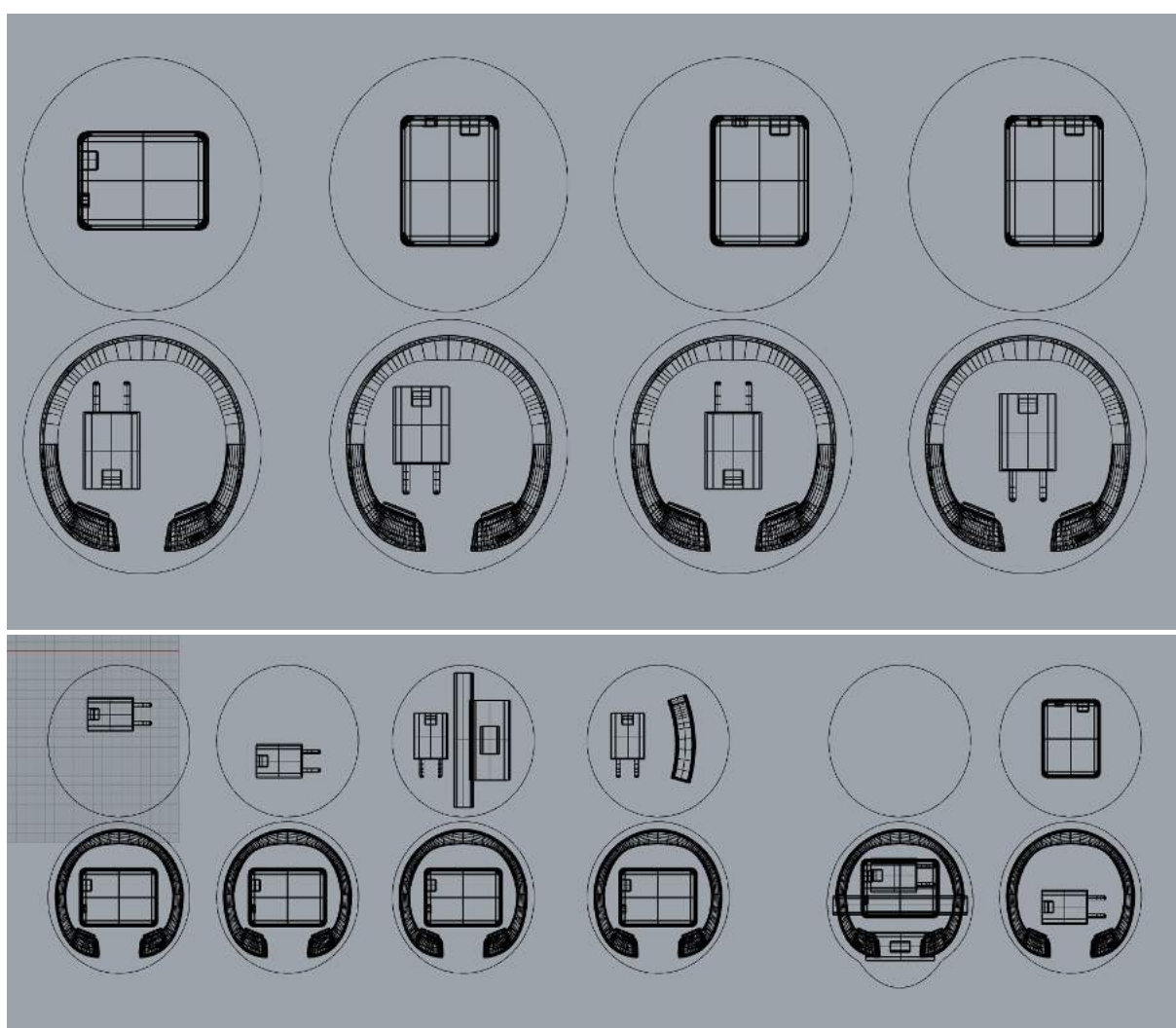


Po otestování a re-evaluaci č.1:

Při prototypování a testování mě napadla myšlenka stojanu, na kterém by mohlo být položené zařízení, kdy jsem přímou inspiraci převzala ze stojanů na sluchátka přes hlavu. Toto byla zajímavá inspirace, ale mnohem zajímavější byl nápad tento stojan umístit v krabičce, což se ukázalo celkem náročné s omezením prostoru samotného pouzdra. V několika případech by se stojan do pouzdra nevešel, a proto jsem pohybovala nejen 3D modely, ale již i vytištěnými prototypy, abych našla nejlepší řešení mého problému. Tímto řešením bylo stojan složený ze tří kusů, přičemž dva z nich by bylo možné složit dohromady a ušetřit tím místem.

Tato myšlenka byla uskutečněna s tím, že se pouzdro rozdělí do dvou úrovní. V první úrovni by na první pohled byly produkty jako samotné zařízení elektrolarynxu, adaptér a kabel s konektory USB-C a USB-A, tato úroveň by byla následně zvednuta a tím by se odkryla i druhá úroveň, ve které by následně byly všechny tři části stojanu. U horního víka by byla umístěna powerbanka, která stejně tak jako elektrolarynx by držela pomocí síly magnetů. Tím, že je powerbanka s možností magnetického bezdrátového nabíjení, je možné tuto myšlenku uskutečnit, a to samé platí pro elektrolarynx se stejně zaopatřeným magnetem. Touto úpravou zajistíme úhledný vzhled při otevření pouzdra a bezpečnost z hlediska spadnutí pouzdra na zem či toho, že zařízení se nebude pohybovat v pouzdře.

Obě úrovně jsou oddělené plastovou vrstvou při výrobě.



Formování pouzdra



vzhled negativu a pouzdra před re-evaluaci č.2

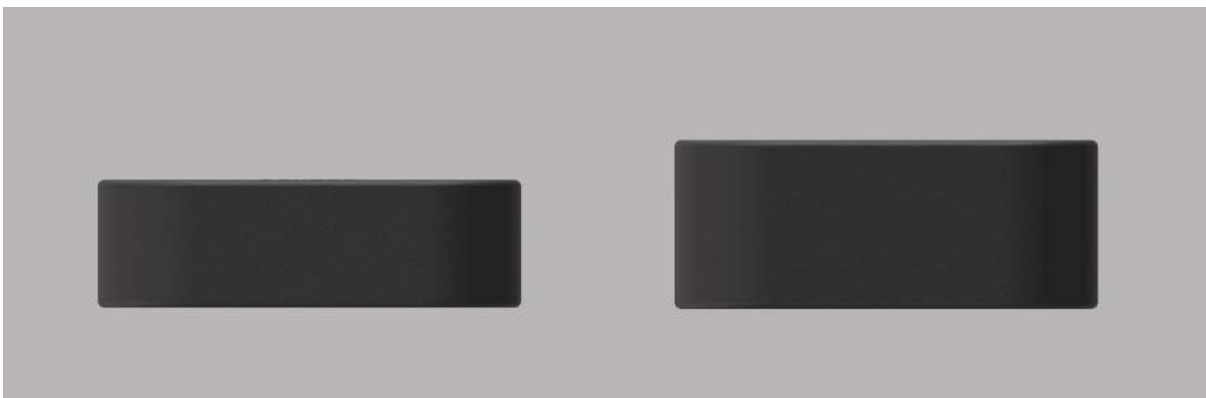


Po otestování a re-evaluaci č.2:

Po sérii dalšího prototypování a zkoušení jsem zjistila lepší využitelnost pouzdra a ta je taková, že z něho lze kromě bezpečného úložiště udělat také i nabíjecí stanici. Toto mění design celého pouzdra tím, že dále není potřeba adaptéru, kabelu a ani powerbanky na nabíjení, jelikož jak již jsem se zmínila výše, každá domácnost má stejný nebo dokonce větší počet nabíječek a tímto můžeme ušetřit přírodu o něco více bez další odpadní elektroniky.

Tímto jsem pouzdro zúžila a zvětšila zároveň. Důvodem zvětšení je potřeba různých velikostí elektrolarynxu na různé velikosti šijí. Tímto jsem přidala nejenom další velikosti samotného přístroje, ale také i negativů, které budou sloužit jako pevné schránky těmto přístrojům. Pouzdro zůstává u všech velikostí univerzální. K zvětšení původního pouzdra dochází v moment, kdy pro větší velikost elektrolarynxu není prostor pro manipulaci s ním a také ani pro negativy.

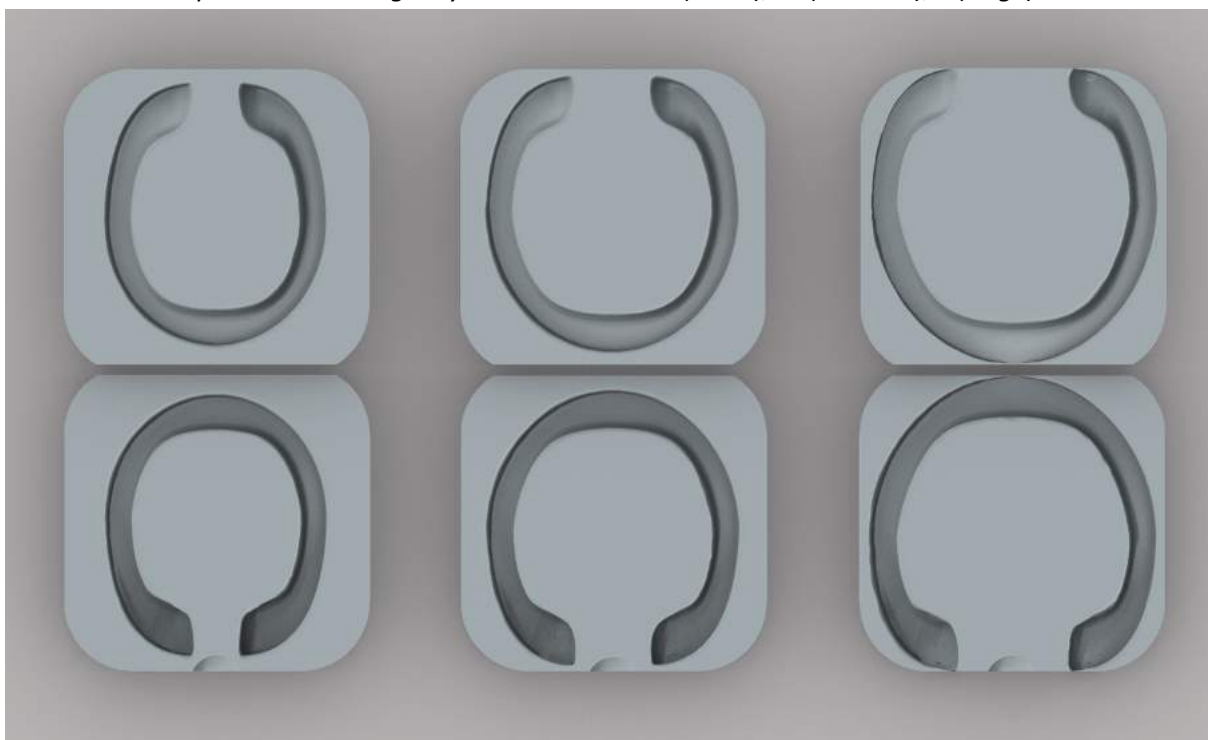
Nový model je větší o 1,5 mm než původní, aby všechny velikosti elektrolarynxu měly dostatek prostoru a s nimi i jejich příslušné negativy.



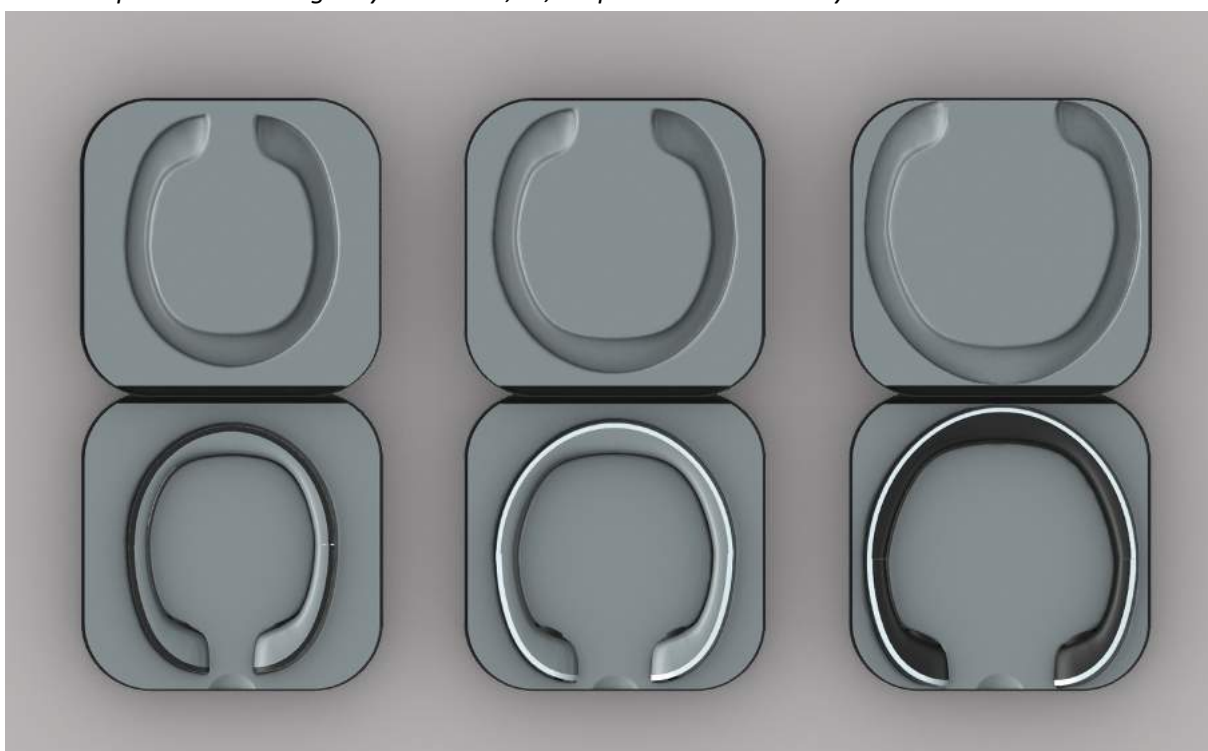
nový model (vlevo), původní model (vpravo)



Spodní a horní negativy třech velikostí – S (small), M (medium), L (large)



Spodní a horní negativy velikostí S, M, L v pouzdře s elektrolarynxem různé barevnosti



3.1.3. Elektrolarynx a stojan

K původnímu návrhu elektrolarynxu jsem se rozhodla vytvořit i příslušenství, kdy si uživatel bude moci nabíjet elektrolarynx mimo pouzdro z důvodu zabírání místa či pouze z estetického hlediska, a to pomocí hliníkového stojanu. Tento stojan se skládá ze tří částí, první je podstavec, na který se následně nasadí tyč obdélníkového tvaru a následně další podstavec, kde se umístí powerbanka.

Tento nápad po re-evaluaci nápadu a řešení nabíjení byl zavrhnut, ale může být v budoucnu implementován pouze jako stojan s ergonomickým a estetickým dopadem.





3.2. Testování a úprava dimenzí součástí

3.2.1. Elektrolarynx

Zkouška s papírovým modelem před tiskem modelu



Zkouška prvního vytištěného modelu – tvar konců



Zkoumání různých verzí výtisků



Nápady na zlepšení návrhu:

- skládací elektrolarynx
 - inspirace ze skládacích sluchátek, které tímto zabírají méně místa
 - skládaly by se pouze části s rezonátory
 - část se stálou baterií by byla nehybná

Tisk dalšího modelu s myšlenkou variability

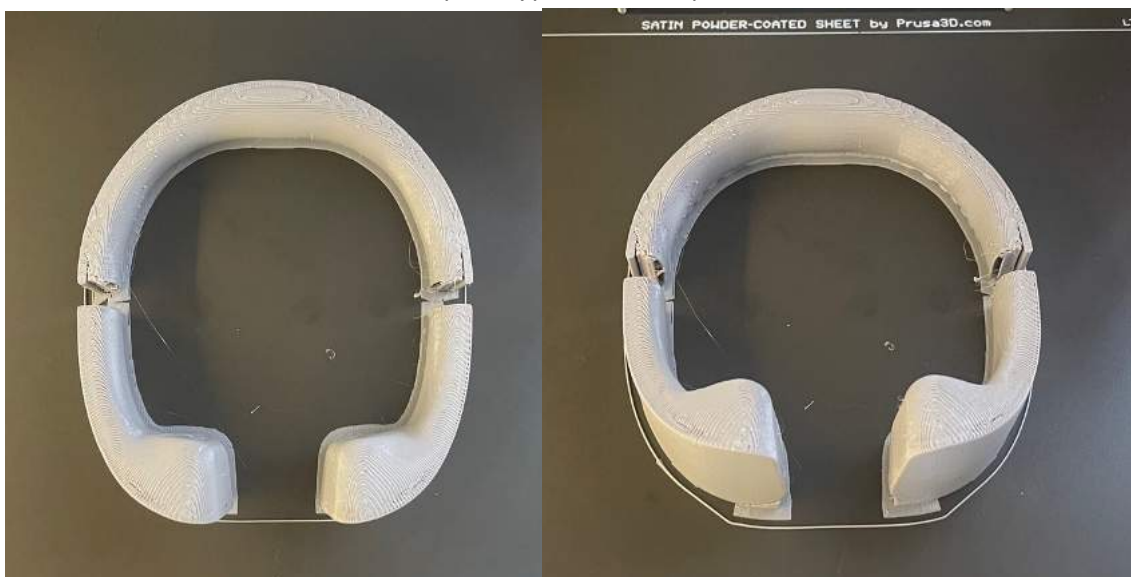




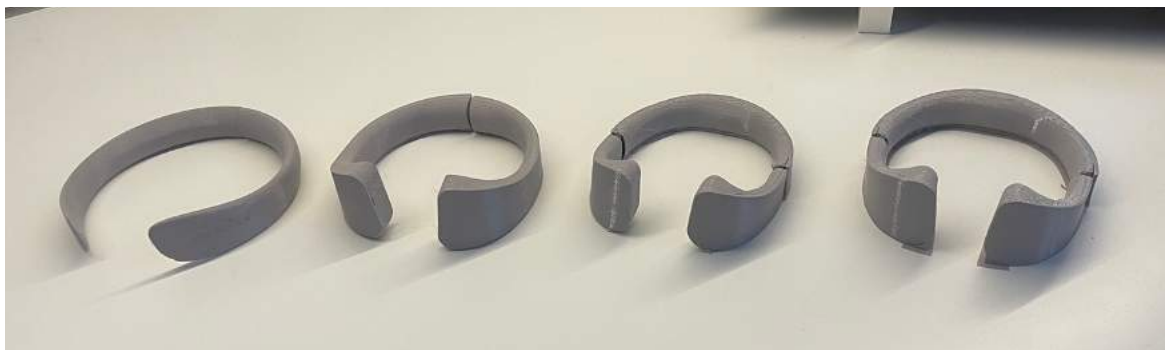
Zkouška velikosti adaptéru s powerbankou oproti elektrolarynxu



Tisk dalšího prototypu – zkouška pohodlnosti



Porovnání vývoje prototypů

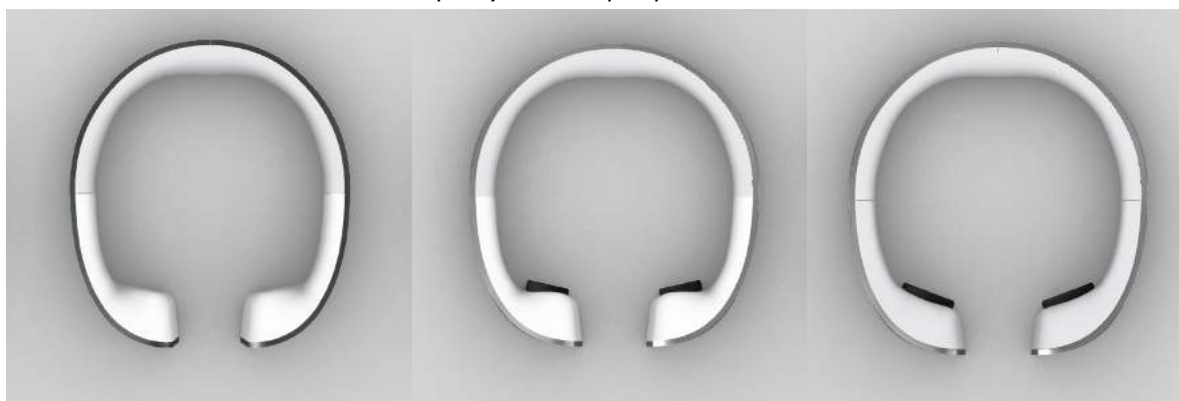


První prototyp a následný prototyp, kde se měnil tvar podle krku

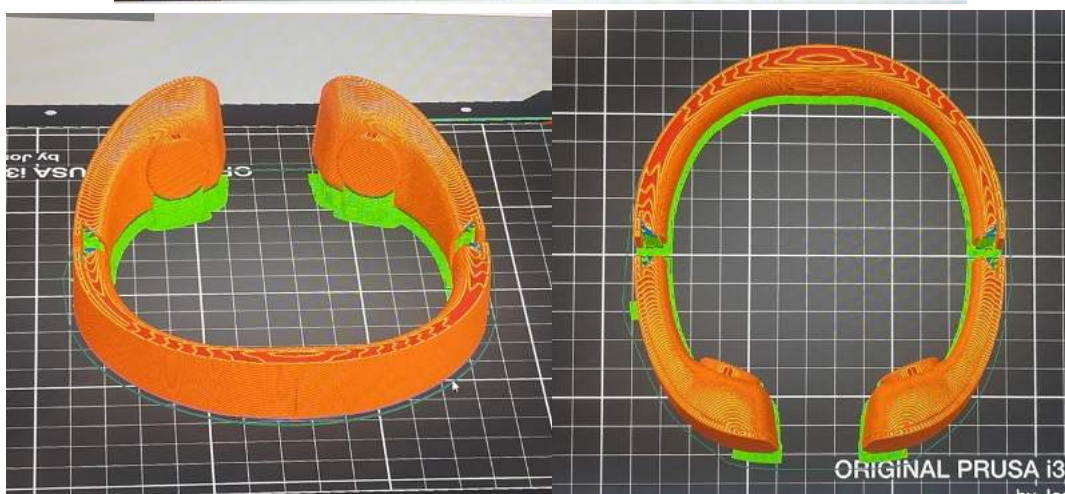
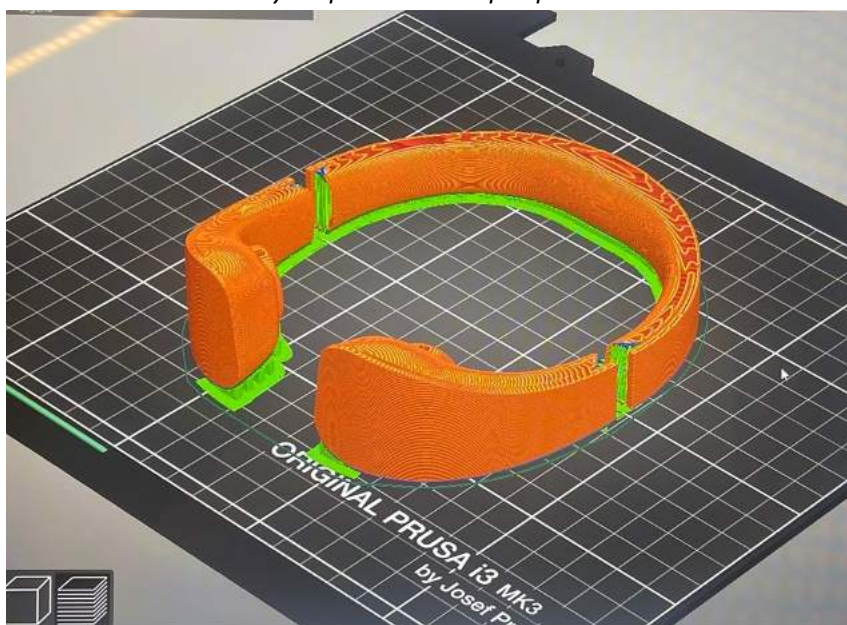


Po otestování a re-evaluaci č.1:

Proces úpravy zařízení pro pohodlí uživatele



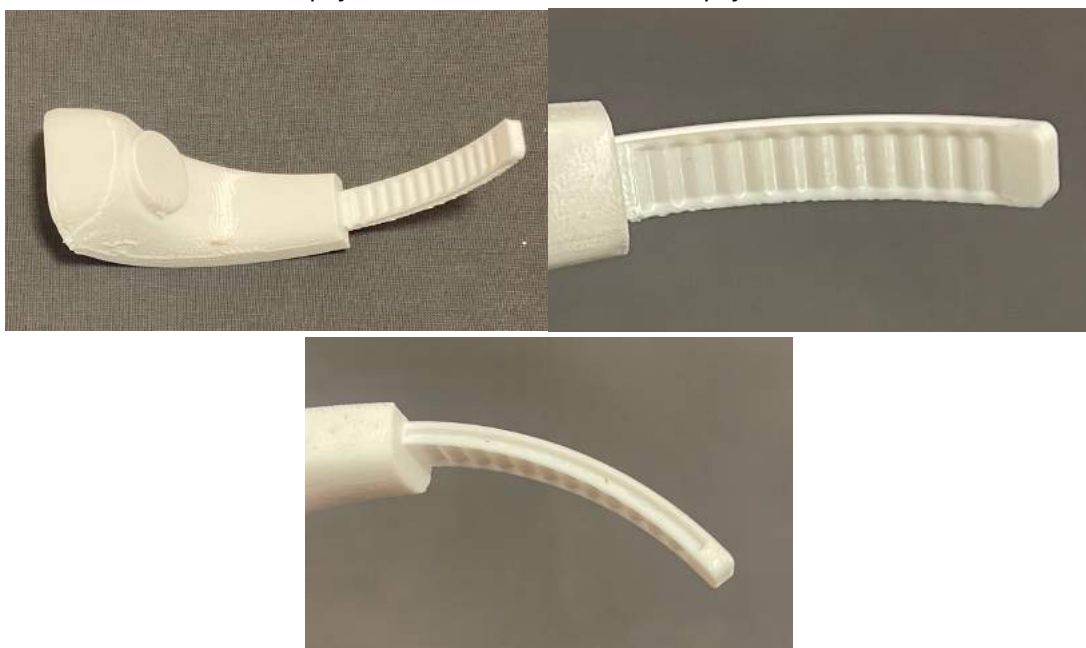
Elektrolarynx ve 3D programu Prusa již upravený společně s transducery a úpravou tvaru pro pohodlí uživatele



*vytištěný model – modrá část z pružného TPU (termoplastický polyuretan),
bílá část z PETG (polyethylentereftalát modifikovaný glykolem)*



detail pojezdného mechanismu – délka pojezdu 6 cm



Namáhání u sluchátek



Namáhání u zadní části elektrolarynxu z TPU (termoplastický polyuretan)



Namáhání elektrolarynxu v celé sestavě



Namáhání elektrolarynxu v celé sestavě s variabilitou velikosti



Tisk finálního modelu

Pružná zadní část – tři velikosti (S, M, L)



Hotové spodní i horní negativy před zpracováním sádro, plničem a barvou



Spodní negativy společně se zadní částí a vloženými pojedy



Všechny části elektrolarynxu před složením (zadní část, pojezdy, s vedením, transducery)



Všechny velikosti v procesu barvení a vyhlazování se znázornění funkčního prvku pojezdů



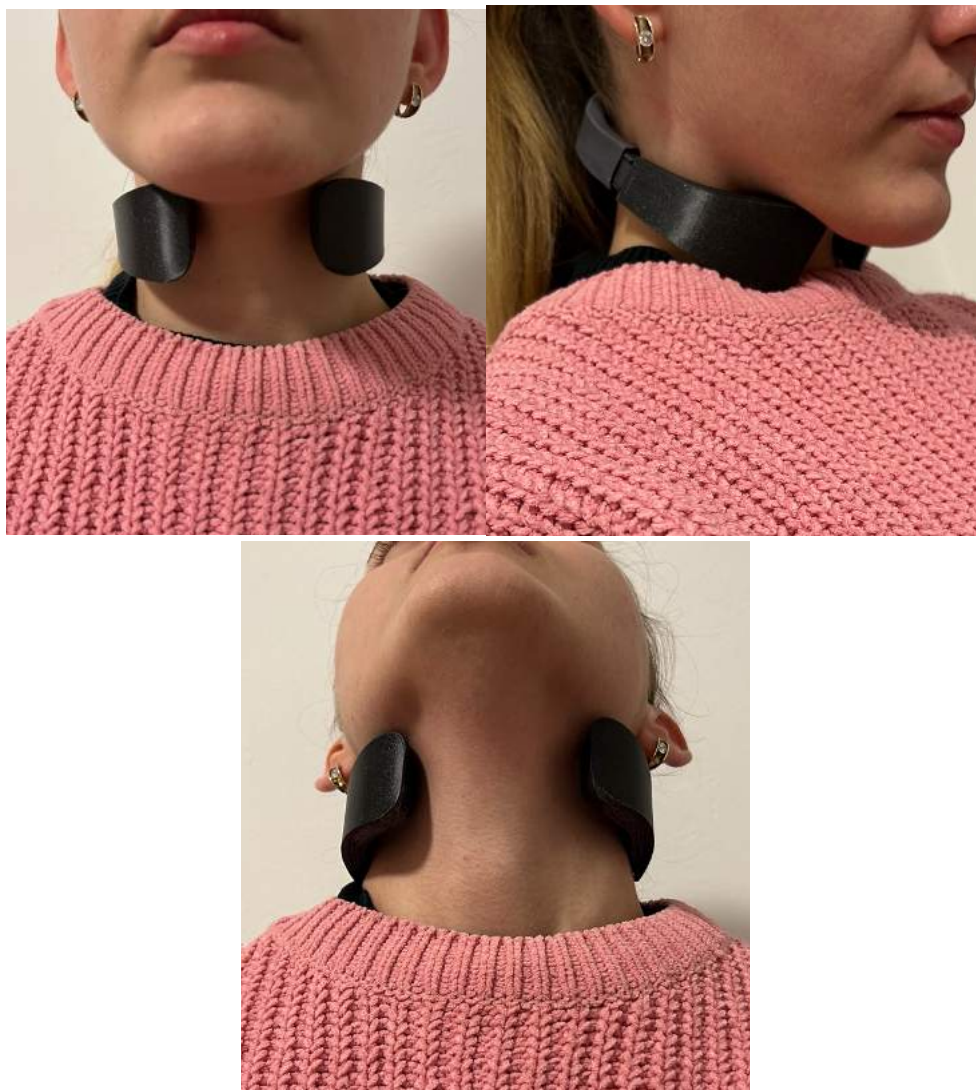
Dalším účelem elektrolarynxu je také i pohodlí při užívání. Veškeré prototypy, které byly vytištěny, byly také i vyzkoušeny, abychom zajistili co největší komfort uživatele. Byl kladen důraz, aby každá z částí nedráždila pokožku zbytečným třením o přístroj nejenom materiálem, ale také i svým tvarem. Křivky předních částí s transducery byly značně zahlazené a tím při možném sklonu hlavy netlačily na měkkou tkáň a nedráždily ji.

Níže jsou zobrazeny fotografie pohybů hlavy v různých úklonech a chování elektrolarynxu při nich. Při finální zkoušce byl přístroj zcela pohodlný a nekladl žádný odpor uživateli při jeho nošení, zároveň přístroj dobře drží svůj tvar a přizpůsobuje se pohybům hlavy díky pružné zadní části a pevné části zajišťující stabilní velikost a držení na krku.

Pohled ze strany na uživatele v pohybu – elektrolarynx při různých úhlech krku



Pohled na pohodlnost elektrolarynxu v různých úhlech krku



Velikosti elektrolarynxu

Elektrolarynx jsem vytvořila do tří různých velikostí s variabilitou zvětšení a zmenšení přístroje podle šířky krku každého člověka. Rozměry pro vytvoření těchto prototypů jsem získala průměrné šířky šijí jak u mužů, tak i u žen počínaje od věku 11 let, až po dospělost. V rámci tohoto výzkumu šířky šije je potřeba brát v potaz možnost toho, že se objeví i šířky, které jsou ještě menší nebo větší než již vytvořená maxima a minima, proto k ideálnímu pasování přístroje je potřeba extenzivnějšího průzkumu. Avšak i tak mohu říci, že za pomoci průměru mezi šířek šijí jsem byla schopna vytvořit velice adekvátní velikosti tohoto přístroje.

Male	
Age (years)	Average Neck Size (Inches)
6-10	10.5
11-14	12.1
15-17	13.6

Female	
Age (years)	Average Neck Size (Inches)
6-10	10.2
11-14	11.3
15-17	11.9

Tabulka 4 – průměrné velikosti šijí u mužů a žen

Materiály elektrolarynxu při prototypování

Při prototypování a tvorbě finálního modelu využívám zpravidla 3D tiskárny, které mi vše vytvoří během několika hodin. Jako materiály pro tento přístroj jsem použila filamenty PETG (polyethylentereftalát modifikovaný glykolem) a filament TPU (termoplastický polyuretan), které jsou pro stanovený účel ideální.

PETG je materiál, který se jednoduše tiskne, je pevný a tvrdý a jednoduše se opracovává a oproti komerčně používaným materiálům jako je PLA (polyaktid) je mnohem pevnější a spolehlivější. Kvůli těmto vlastnostem jsem si zvolila, že části s transducery budou vytvořeny právě PETG materiálem.

TPU je jeden ze speciálních filamentů, se kterým lze tisknout na 3D tiskárně, jehož výraznou schopností je vysoká flexibilita, kterou žádné běžné filamenty nemají a je tímto ideálním materiálem pro zadní část elektrolarynxu, protože dalším hlavním stanoveným cílem tohoto přístroje je flexibilita zadní části, která slouží pouze jako podpora a také při poničení či nesrovnalosti, kdy zadní část je již příliš malá nebo velká, je možné ji jednoduše zaměnit za větší, respektive menší, aniž by se poškodilo cokoliv jiného.

Zároveň je její záměna jednoduchá a levná k pořízení, jelikož se jedná pouze o flexibilní plast v daném tvaru bez jakékoliv elektroniky uvnitř.

PCCF filamentem (směs polykarbonátu plněný uhlíkovými vlákny) je materiál skvělých mechanických vlastností, snadno se tiskne a je s ním možné tisknout velké modely, je velice odolný proti oděru a vůči běžným chemikáliím a na jeho výrobu jsou použity recyklovaná uhlíková vlákna z výrobních procesů a je to velice pevný materiál. Rozhodla jsem se použít tento materiál na nejvíce namáhané místo přístroje a to u pojezdů.

Materiály elektrolarynxu v sériové výrobě

Pokud mluvíme o sériové výrobě je důležité se podívat na to z perspektivy výroby ve velkém množství, což znamená, že vše bude mít svůj vlastní postup a formu. Jako druh materiálu, který bych na tento přístroj použila, jsem si zvolila plast díky své různorodosti a široké nabídce materiálů a jeho možnosti recyklace na tvorby nových dílů.

Jako materiál na části s transducerem bych použila ABS (kopolymer akrylonitril-butadien-styren). Je to velice pevný materiál s vynikajícími mechanickými vlastnostmi a vysokou pevností a ideální pro technologii vstřikolisu.

Pro zadní část máme na výběr ze tří možností, které zde popisují a porovnávám jejich vlastnosti. Máme tu materiály jako TPE (termoplastický elastomer), LSR (liquid silicone rubber – tekutá silikonová guma), TPU (termoplastický polyuretan).

V tomto případě je TPE nejlepší volbou pro náš účel, kdy TPE nabízí měkký a pružný povrch a je ideální pro části, které přicházejí do kontaktu s pokožkou. Lze ho přizpůsobit do tvrdosti kolem 40 Shore A, což zaručuje pohodlný dotek bez přílišné tuhosti materiálu. Jedná se o materiál, který lze snadno kombinovat s jinými materiály jako to například bývá u hlavových mostů sluchátek, kde je zapotřebí pevné konstrukce společně s flexibilní částí. TPU je možné povrchově upravovat na měkké či matné povrchy a další. Materiálové a zpracovatelské náklady tohoto materiálu jsou poměrně nižší, než u LSR a TPU materiálů a je zároveň dobře recyklovatelným materiálem.

LSR je dalším možným materiálem, který lze použít na zadní flexibilní část, který má doplňující vlastnosti jako je vyšší komfort a je hypoalergenní, velmi měkký a příjemný na dotek. Nevýhodou je však vyšší cena a složitější zpracování a má menší možnost recyklace. Tento materiál je ideální volbou například pro špičková a luxusní sluchátka, ale není již tak ekonomický jako TPE.

TPU je vysoce odolný vůči opotřebením, je pružný a pevnější než TPE, odolný vůči chemikáliím a olejům: Nevýhodou tohoto materiálu je jeho dražší pořizovací cena a vyšší zpracovatelské náklady. Je spíše vhodný pro kryty kabelů a částí, kde je důležitá odolnost a zároveň je méně příjemný na dotyk.

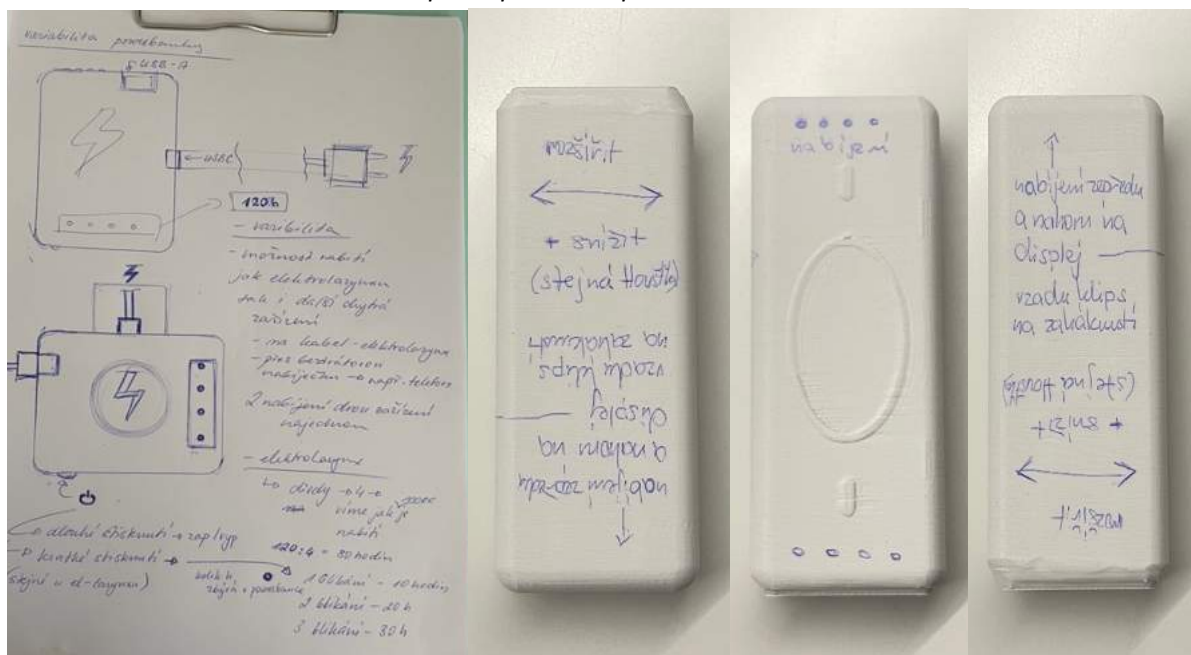
3.2.2. Nabíjení

Toto je proces tisku a prototypování nabíjení předtím, než jsem se rozhodla pro změnu nabíjení, které bude umístěno uvnitř pouzdra poté, co není potřeba externí powerbanky, adaptéru a kabelu na nabíjení. Zde je pouze proces přemýšlení nad tvarem, velikostí a všech detailech powerbanky před přesunutí nabíjení do pouzdra.

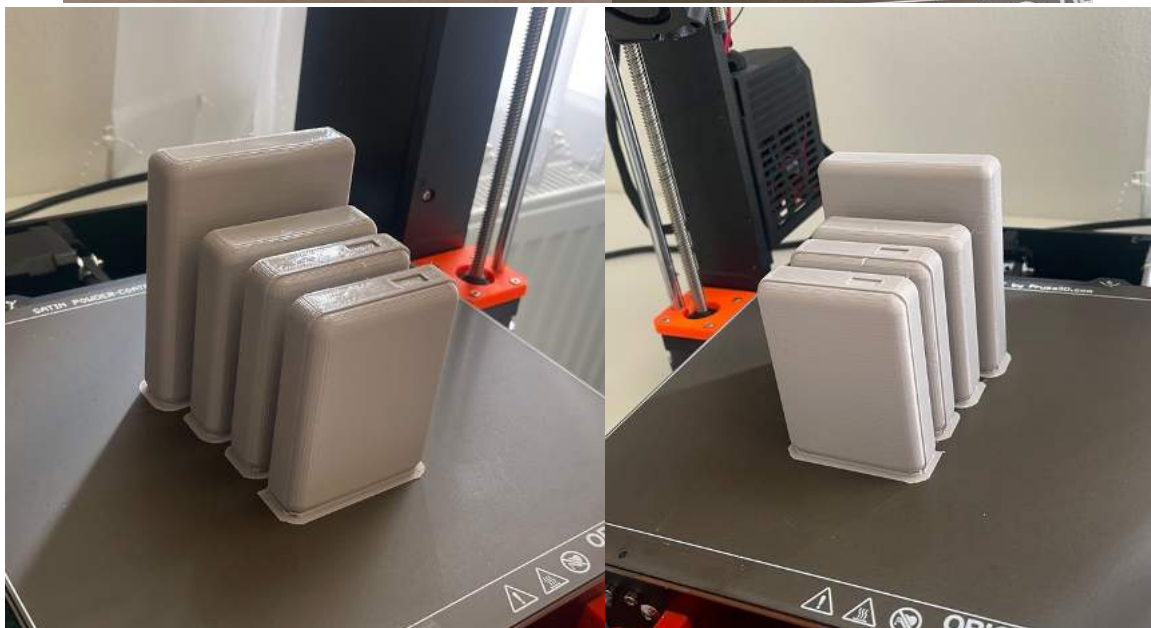
Modely z papíru a následně i z 3D tisku



Popis zlepšení a nápadů na model

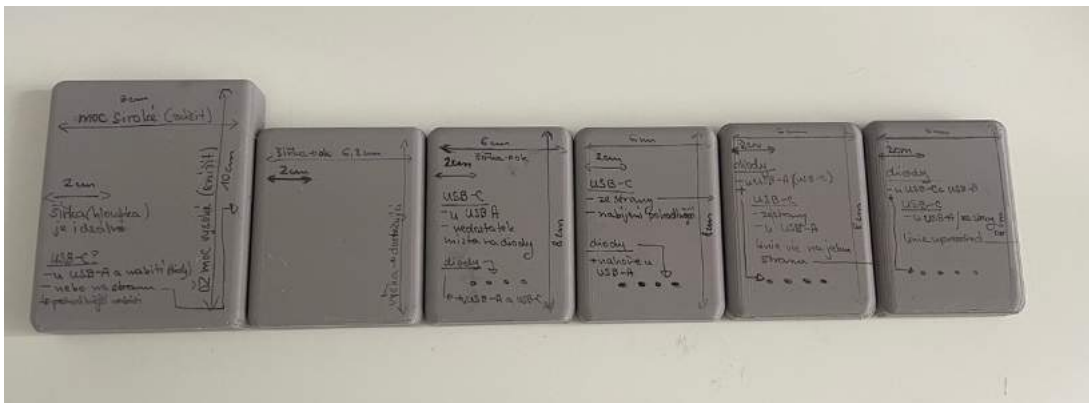


Tisk prototypů podle těchto zlepšení



Vývoj prototypů





Prototyp č.2, č. 5 a č.7



Práce nad umístěním a správným výtiskem portů





Porovnání velikostí s kancelářskou kalkulačkou



V tento moment jsem již našla další způsob a rozhodla se ho implementovat nezávisle na již dosažený stupeň práce a prototypování. Zde v tomto stádiu se moje práce zcela odlehčila o produkty a prvky navíc a zminimalizovala se produkce další elektroniky navíc, než je vskutku potřeba.

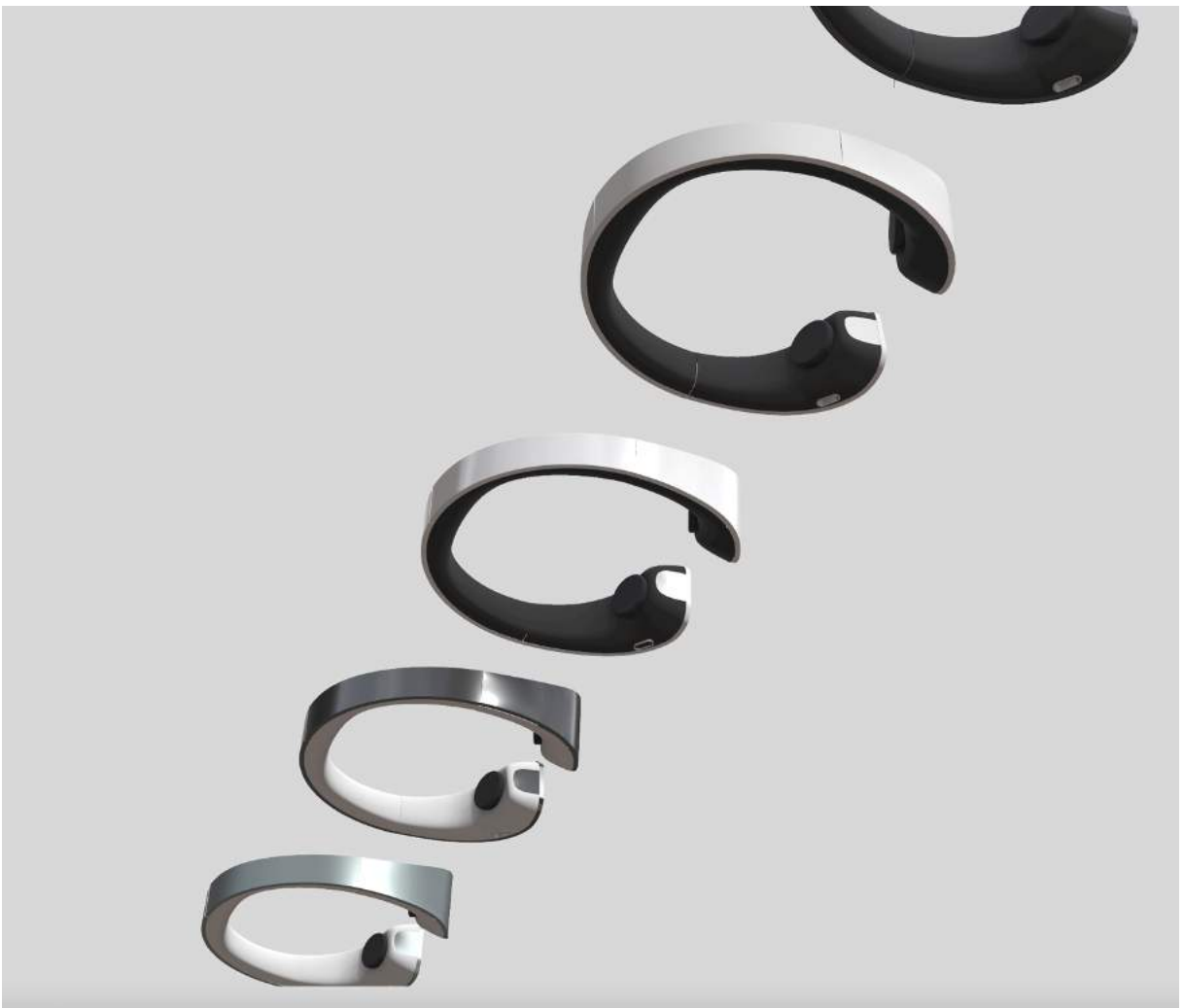
4. Výsledný návrh

4.1. 3D vizualizace finálního návrhu

4.1.1. Elektrolarynx









Barevné kombinace elektrolarynxu – bílá, šedá, černá

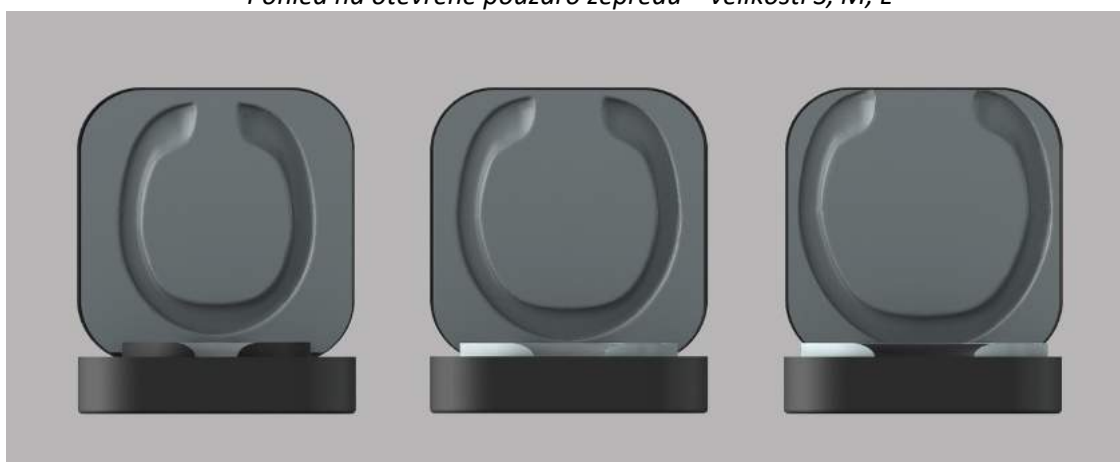


4.1.2. Pouzdro

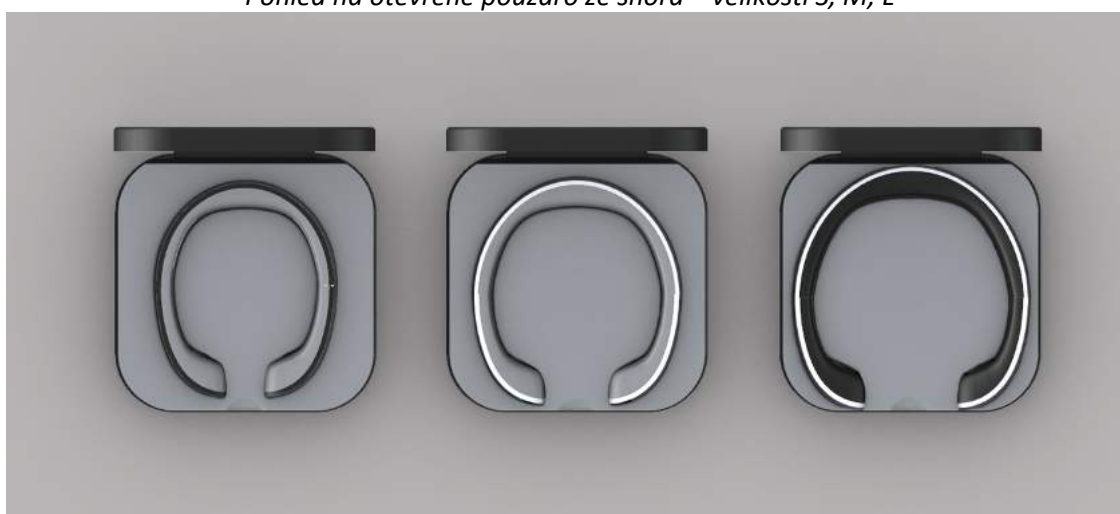
Pohled z profilu a ze shora



Pohled na otevřené pouzdro zepředu – velikosti S, M, L



Pohled na otevřené pouzdro ze shora – velikosti S, M, L



Pohled z perspektivy – velikosti S, M, L



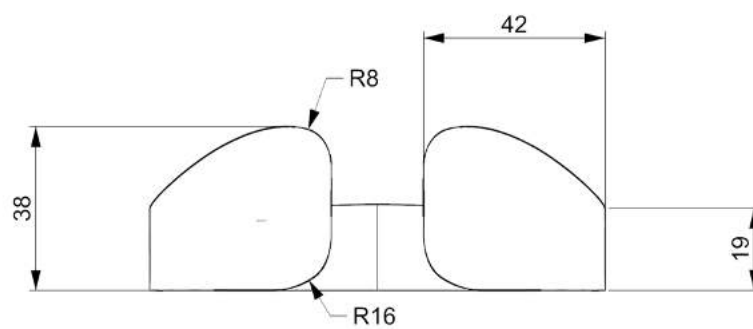
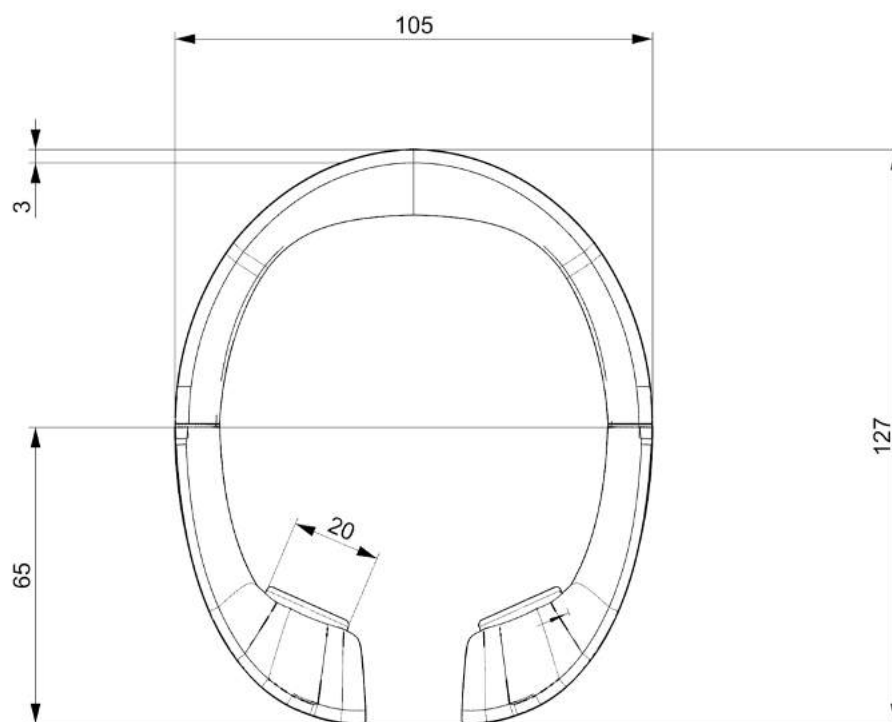
Pohled na negativy – velikosti S, M, L



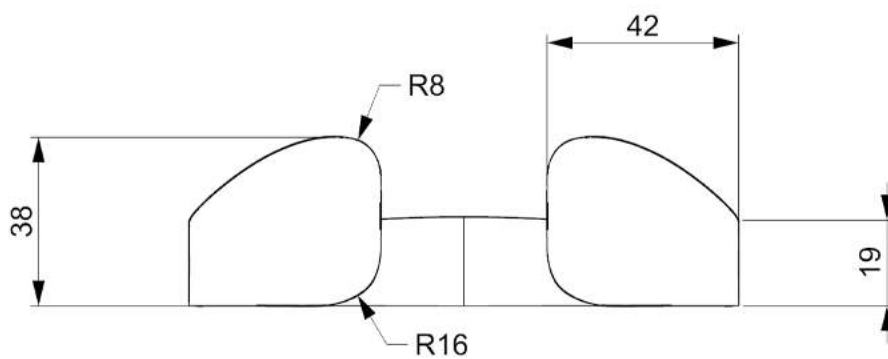
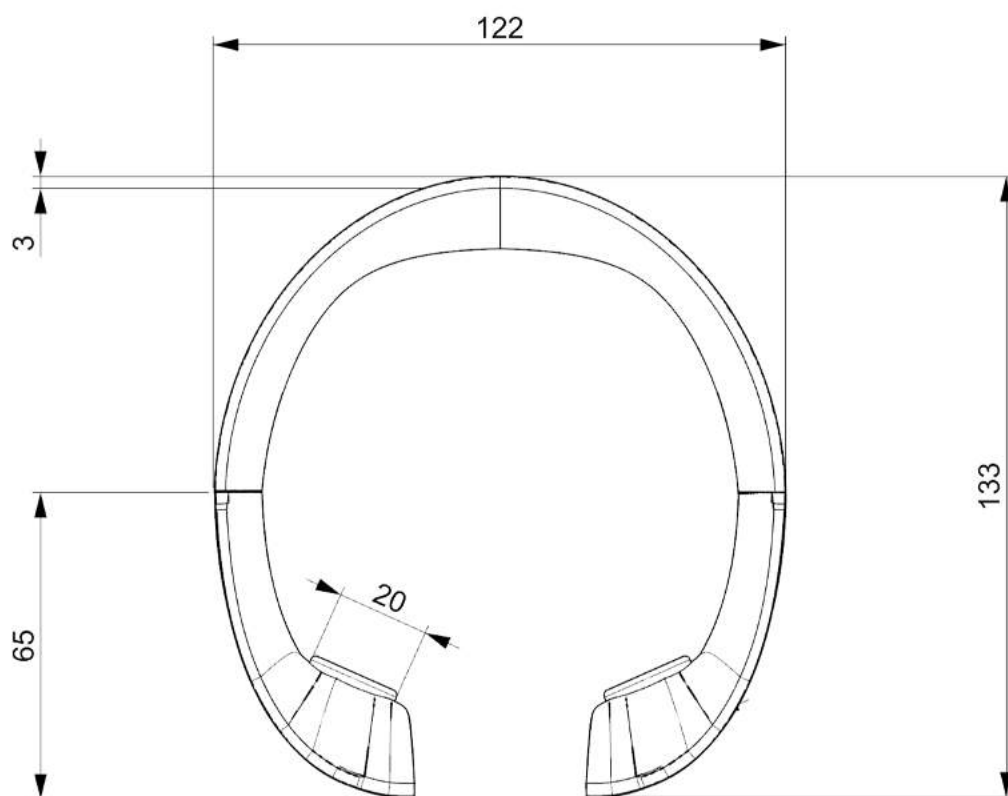
5. Technická dokumentace

5.1. Pohled elektrolarynxu s popisem (schématické rozměry)

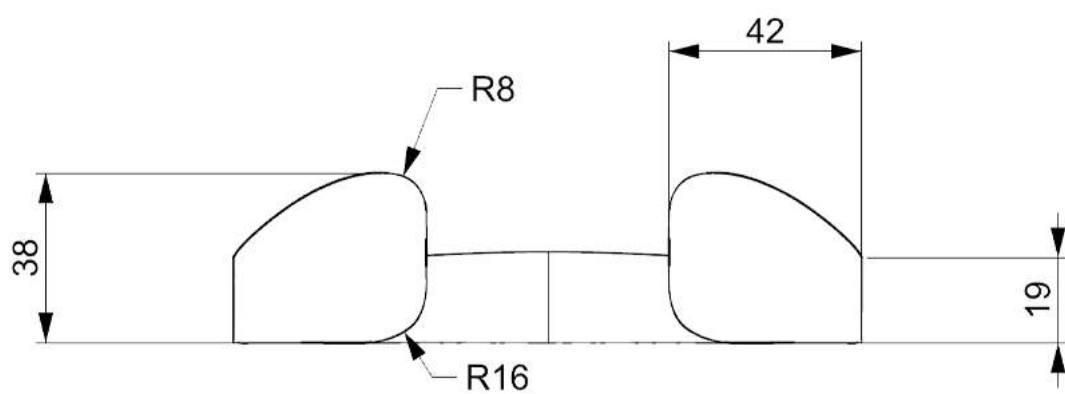
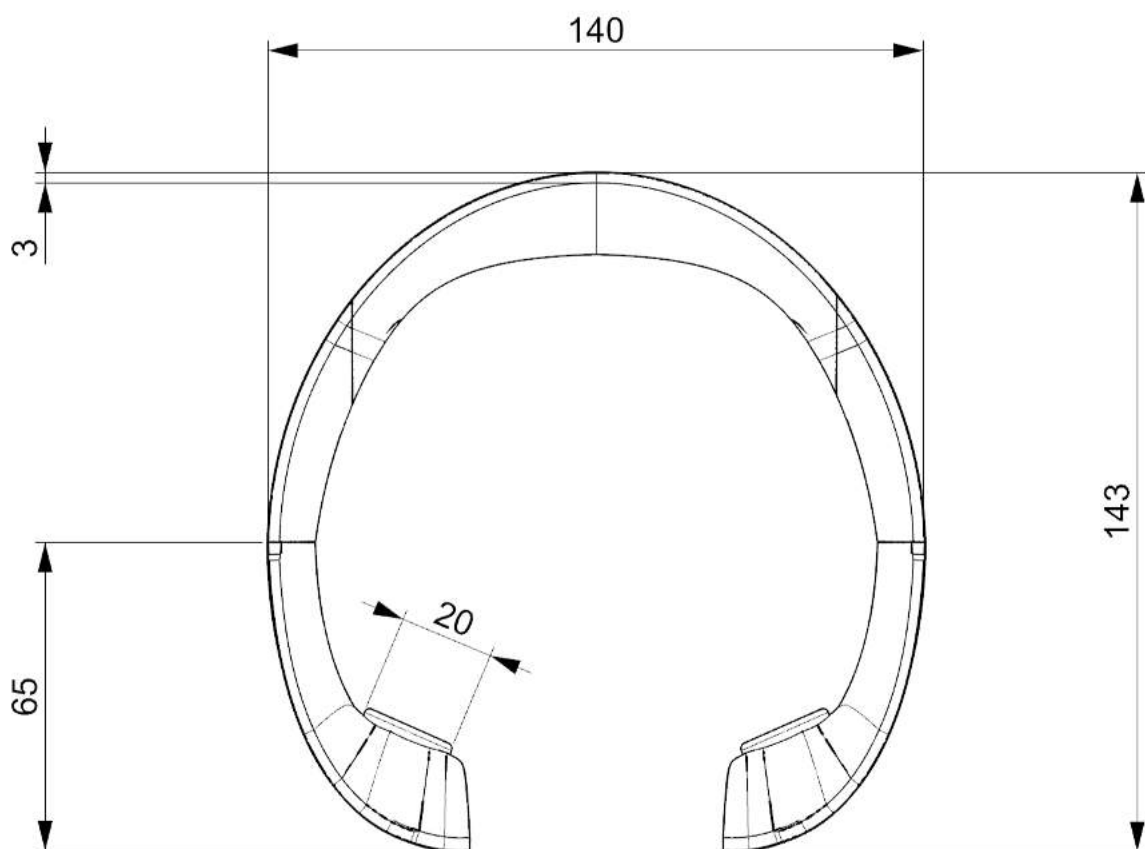
Elektrolarynx velikosti S (small)



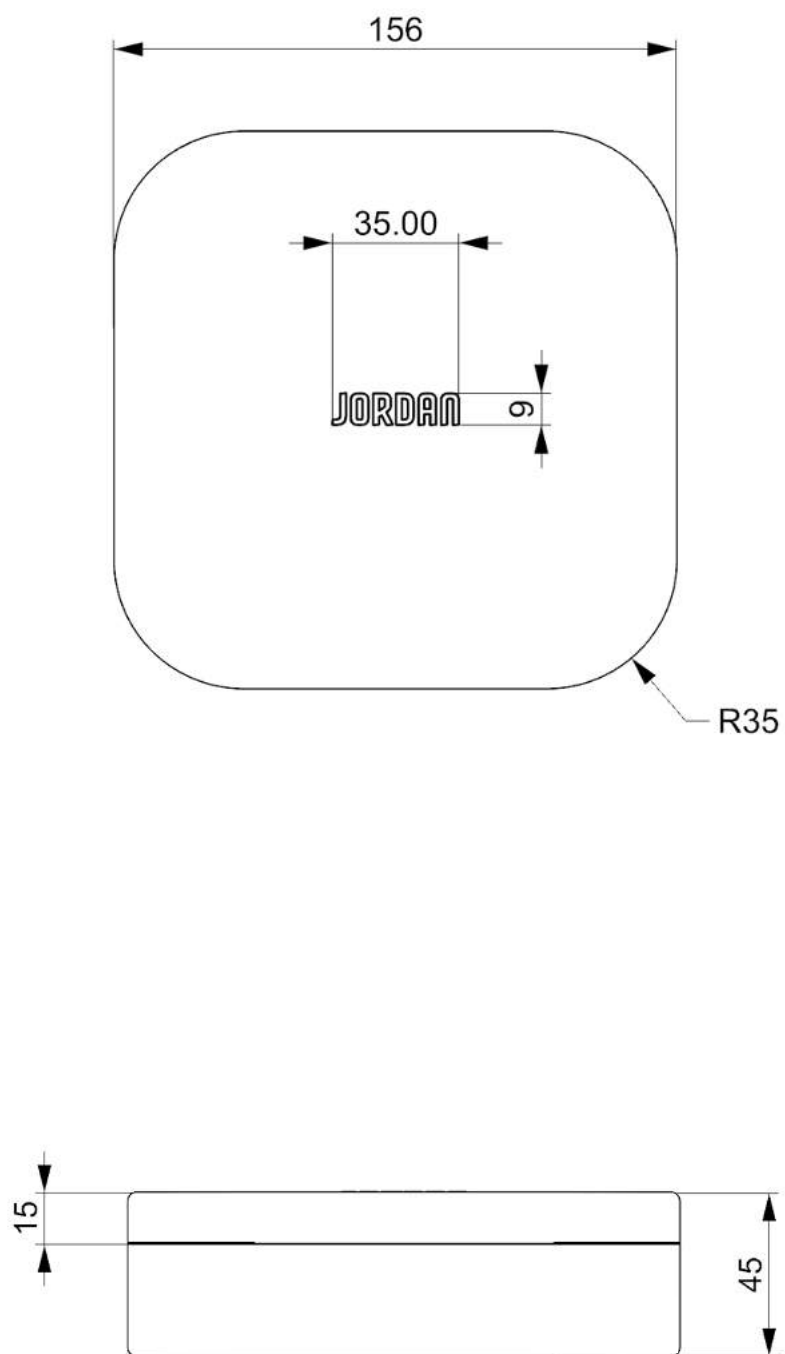
Elektrolarynx velikosti M (medium)



Elektrolarynx velikost L (large)



5.2. Pohled pouzdra s popisem rozměrů



6. Závěr a reflexe

Tato práce zahrnovala jak průzkum trhu, nabídky a poptávky zákazníků po tomto zařízení zvaném elektrolarynx, tak i jeho vnější a vnitřní konstrukci, ve které jsem zkoumala, jaké součástky toto zařízení potřebuje, co všechno se tam může ještě přidat a jak se může tento produkt vylepšit a za jakých podmínek by se mohl využívat. Soustředila jsem se hlavně na koncept, konstrukci a design, které jsou klíčové v tomto případě. Svoji původní myšlenku jsem během průzkumu, navrhování a prototypování rozvíjela co nejvíce a zdokonalovala jak nejlépe to v tak krátkém čase jednoho semestru šlo. Pro totální zdokonalení tohoto produktu je potřeba mnohem více času, mnohem větší průzkumy a dotazníky, zkoušení a testování na subjektech, které jsou během zpracování této práce omezené z důvodu nedostačujícího času.

Většinu svého času na tvorbu bakalářské práce jsem se věnovala hlavně rešerši a průzkumu na internetu, v diplomových a disertačních pracích, v učebnicích medicíny specializující se na foniatrii a na hlasových poruchách a co vše to obnáší, na kvalitu života jedince po totální laryngektomii, kdy dochází k celistvému odstranění larynxu a nahrazení jím novým umělým protetickým hrtanem a jak se takový jedinec plnohodnotně začlení zpátky do společnosti a jaké je procento, kdy pacienti nejsou schopni se znovu začlenit do společnosti, která naopak sama vnímá určité zdravotní či psychické poruchy a problémy jako stigma. V tomto případě to bývá právě neschopnost mluvit bez doplňků jako je tracheozofageální jednocestný ventil s umělými „hlasivkami“, které umožňují mluvu za nutnosti neustálého stlačování či ucpávání ventilu prstem nebo elektrolarynx s jeho nepřírozeným robotickým zněním.

Nakonec jsem došla pomocí všech průzkumů a rešerší k závěru, že s tímto novým konceptem lze tento přístroj více zjednodušit a zpohodlnit uživateli, kdy sice momentálně stále není možný výstup s úplně přirozeným hlasem, ale je to na velice dobré cestě a v budoucnosti by to mělo být možné. A jediné, co budou uživatelé potřebovat k používání aplikace bude pouhé stisknutí tlačítka aktualizace v chytrém zařízení a budou mít už po aktualizaci možnost si vybrat z galerie hlasů svůj hlas nebo nainstalovat svůj vlastní hlas, který by byl následně možný přes aplikaci přenastavit na samotném zařízení elektrolarynxu.

Pomocí toho jsem začala navrhovat, jak by mohl tento přístroj vypadat, kde by se umisťoval, čeho všeho by byl schopen a postupně myšlenky zdokonalovat a shánět i další informace, zda to, co potřebuji a způsobem, kterým chci produkt navrhnout, aby fungoval. Spojila jsem se s budoucím manželem studující na Fakultě strojní a byla jsem schopna se s ním domluvit a zeptat se ho i na otázky a záležitosti týkajících se elektrotechniky a elektrických obvodů, protože jsem do přístroje místo vyměnitelných baterií zakomponovala jednu nevyměnitelnou umístěnou na stálo baterii o výkonu 1 000 mAh, která poskytne po nabití možnost používání až 120 h neboli pět dní bez nabíjení. Jeho pomocí jsem zjistila, jak by to

případně bylo na sebe připojené a napájené, aby tyto spoje nebyly následně porušeny lineárním posuvem pro nastavení velikosti zařízení na krk daného uživatele.

Pro vylepšení tohoto zařízení jsem se dívala na aspekty jako současnost designu a jeho možnosti, vnitřní konstrukci a součásti, které mohu přidat a dodat tak pohodlnější a jednodušší využití, výkon přístroje a potřebný výkon baterie, frekvence, variabilita a porovnání jednoho a dvou transducerů a tím i variability rezonátoru, umístění přístroje na krku a jeho přesná poloha, zjišťování a zkoumání, zda lze přizpůsobit přístroj k automatické aktivaci a vypnutí a umístění senzoru tak, aby to bylo co nejjednodušší a nejefektivnější. Nakonec jsem se soustředila na materiály, ze kterých by byl tento přístroj vytvořen a na finanční stránku výroby, která je jednou z velmi důležitých součástí takového produktu. Snažila jsem se, aby rozpočet návrhu byl do 18 000,-Kč a zároveň zlevnit jeho výrobu, cena se díky tomu snížila na 9 500,-Kč s lidskou prací kvůli použití velice dostupných materiálů a jednoduché konstrukce.

Tímto projektem jsem toho mnoho zjistila a od své původní myšlenky jsem se velice posunula v dobrém směru, dokonce jsem svůj původní koncept neměnila, ale pouze upravovala detaily. Mým cílem bylo zjednodušit práci s přístrojem uživateli a zajistit lepší umístění na těle. Můj původní koncept bylo umístit zařízení na krk, a tuto myšlenku jsem i dodržela. Jediné, čím jsem se dál zabývala bylo stanovení celého konceptu společně se všemi detaily a různými rozhodnutími jako je výkon baterie a následnému předávání elektrické energie do zbytku zařízení. Ze začátku jsem stále nenalezla informaci, zprávu či průzkum, který by naznačoval, že by přístroj mohl být aktivován senzorem umístěným na krku. Proto jsem navrhovala i varianty, ve kterých se využívala přídatná příslušenství, počínaje tlačítkem na klíčenice až po prsten, jež byl inspirován funkcemi chytrých prstenů neboli „smart rings, které v poslední době mají na trhu značný nárůst a následně po nalezení experimentálního výzkumu, který změnil celou moji perspektivu na danou problematiku. Byl to opravdu velký přelom v tom, čeho je současná technologie schopná a zcela jsem odstranila možnosti ovládání pomocí tlačítek a přidala jsem senzory na vnitřní strany přístroje, pomocí kterých se elektrolarynx aktivuje a vypíná sám během 13 milisekund.

Myslím si, že tento re-design zařízení může spolehlivě fungovat, pomoci znovu začlenit jedince zpátky do společnosti s mnohem menším či žádným stigmatem, zjednodušit práci s ním a dodat sebevědomí uživateli v jeho komunikaci s ostatními členy společnosti. Toto byl hlavní cíl mé práce a dle všech učiněných průzkumů a zkoušek by tento návrh mohl fungovat. Doufám, že v budoucnu mohu tento projekt dál rozvíjet a zdokonalit do své finální podoby, vytvořit plně funkční prototyp, který by mohl položit základ pro nový začátek elektrolarynxu a pomoci se zvýšením kvality jejich života.

7. Zdroje

7.1. Seznam použité literatury

- [1] MIŠÍKOVÁ, Bc. Daniela. *Hodnocení hlasových obtíží u pacientů s maligním onemocněním hrtanu*. Diplomová práce, vedoucí Mgr. Jana Škvrňáková, Ph.D. Pardubice: Univerzita Pardubice, Fakulta zdravotnických studií, 2016. Dostupné také z: https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/64860/MisikovaD_HodnoceniHlasovych_JS_2016.pdf?sequence=3&isAllowed=y.
- [2] HYBASEK, I. *EOTORINOLARYNGOLOGIE*. Online. 2020. 2020. ISBN ISSN 1803-280X. Dostupné z: <https://www.eorl.cz/kniha/10-PORUCHY-HLASU-A-RECI.pdf>. [cit. 2024-05-16].
- [3] HRADECKÁ, Bc. Zuzana. *FYZIOLOGIE LIDSKÉHO HLASOVÉHO ÚSTROJÍ*. Diplomová práce. Brno: MASARYKOVA UNIVERZITA, Přírodovědecká fakulta, Ústav experimentální biologie, Oddělení fyziologie a imunologie živočichů, 2007. Dostupné také z: https://is.muni.cz/th/y0tvu/Fyziologie_lidskeho_hlasoveho_ustroji_-_diplomova_prace.pdf.
- [4] STANISLAV, Ing. Petr. *Rozpoznávání řeči pacientů po totální laryngektomii komunikujících pomocí elektrolarynxu*. Dizertační práce, vedoucí Prof. Ing. Josef Psutka, CSc. Brno: Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd, Katedra kybernetiky, 2020. Dostupné také z: https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/41889/1/stanislav-thesis_online.pdf.
- [5] ATOS, BREATHING–SPEAKING–LIVING. *Speaking with an electrolarynx*. Online. ATOS, Breathing–Speaking–Living. 2024. Dostupné z: <https://www.atosmedical.us/laryngectomy-home-page/speaking/speaking-with-an-electrolarynx>. [cit. 2024-05-16].
- [6] MATUG, Ing. MICHAL. *NÁHRADNÍ HLASIVKY PRO GENEROVÁNÍ ZDROJOVÉHO HLASU: POČÍTAČOVÉ MODELOVÁNÍ FUNKCE HLASIVEK*. Dizertační práce, vedoucí Ing. PAVEL ŠVANCARA, Ph.D. Brno: VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ, FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ ÚSTAV MECHANIKY TĚLES, MECHATRONIKY A BIOMECHANIKY, 2015. Dostupné také z: https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=99143.
- [7] LINKOS. *O nádorech hlavy a krku*. Online. Linkos, Pacient a rodina. 2024. Dostupné z: <https://www.linkos.cz/pacient-a-rodina/onkologicke-diagnozy/nadory-hlavy-a-krku-c00-14-c30-32/o-nadorech-hlavy-a-krku/>. [cit. 2024-05-16].
- [8] MADHUSHANKARA,, M.; BHAT, Somashekara a PRASAD, Keerthana. Design of Wearable Electrolarynx with Automatic Control. Online. *Journal of Medical Signals & Sensors*. 2022, roč. 2022, č. 12(4):p 317-325, Oct–Dec 2022, s. 317–325. Dostupné z: https://doi.org/10.4103/jmss.jmss_147_21. [cit. 2024-05-16].

- [9] THE JAMES DYSON AWARD. *Syrinx, INTERNATIONAL TOP 20*. Online. The James Dyson Award. 2020. Dostupné z: <https://www.jamesdysonaward.org/en-US/2020/project/syrinx-1/>. [cit. 2024-05-16].
- [10] SYRINX. *Syrinx, Speech is a right, not a privilege*. Online. Syrinx, Speech is a right, not a privilege. 2020. Dostupné z: <https://syrinx.community/en/>. [cit. 2024-05-16].
- [11] *Throat microphone*. Online. In: Wikipedia: the free encyclopedia. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Throat_microphone. [cit. 2024-05-16].
- [12] *World War 2 M.T.L.L.No2 Throat Microphone*. Online. Martin Mitchell's Microphones. 2015. Dostupné z: <https://martinmitchellsmicrophones.wordpress.com/tag/military-microphone/>. [cit. 2024-05-16].
- [13] *Microphones*. Online. Defense Advancement. Neznámý. Dostupné z: <https://www.defenseadvancement.com/suppliers/microphones/>. [cit. 2024-05-16].
- [14] *Throat Microphones*. Online. SWATCOM, Hear and be heard. Neznámý. Dostupné z: <https://www.swatcom.com/swatcom-throat-microphones/>. [cit. 2024-05-16].
- [15] *Military Microphones & Handsets*. Online. Surplus sales. Neznámý. Dostupné z: <https://www.surplussales.com/microphones-audio/MicroAudio-2.html>. [cit. 2024-05-16].
- [16] *Throat Microphones*. Online. Talking headsets – safety through communication. Neznámý. Dostupné z: <https://www.talkingheadsets.co.uk/throat-microphones/>. [cit. 2024-05-16].
- [17] CLARKE, GEORGE S. The Microphone for Military and Tonometric Purposes. Online. *Nature*. 1878, roč. 28. listopad 1878, č. 19, s. 72. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/019072a0>. [cit. 2024-05-16].
- [18] TUCKER, Patrick. *The Military Now Has Tooth Mics For Invisible, Hands-Free Radio Calls*. Online. Defense One. 2018. Dostupné z: <https://www.defenseone.com/technology/2018/09/military-now-has-tooth-mics-invisible-hands-free-radio-calls/151145/>. [cit. 2024-05-16].
- [19] GOLDTHWAITE, Jason. *Throat Microphones – Then and Now*. Online. Sensear. 2014. Dostupné z: <https://www.sensear.com/blog/throat-microphones-then-and-now>. [cit. 2024-05-16].

- [20] DALEY, Jason. *Military Invests in ‘Molar Mic’ That Can Route Calls Through Your Teeth*. Online. Smithsonian magazine. 2018. Dostupné z: <https://www.smithsonianmag.com/smart-news/military-invests-molar-mic-communications-180970284/>. [cit. 2024-05-16].
- [21] STASIUNAS, Rytis. *Overview of Headphones*. Bakalářská. Finland: Aalto Universtiy Electronics engineering, neznámý. Dostupné také z: <https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/666520/course/section/128564/Rytis%20Stasiun%201929995%20assignsubmission%20file%20Modeling%20of%20Headphones%20Rytis%20Stasiun%20revised%20final.pdf>.
- [22] MADARAS, PATRIK. *DESIGN AUDIO SLUCHÁTEK*. Bakalářská práce, vedoucí doc. akad. soch. MIROSLAV ZVONEK, Ph.D. Brno: VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ, FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ, ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ, 2013. Dostupné také z: https://theses.cz/id/wql7is/Bakalarsk_prce.pdf.
- [23] *Headphones*. Online. In: Wikipedia: the free encyclopedia. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2024. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Headphones>. [cit. 2024-05-16].
- [24] *A Brief History of Headphones*. Online. LSTN sound co. 2020. Dostupné z: <https://lstnsound.com/blogs/main/a-brief-history-of-headphones>. [cit. 2024-05-16].
- [25] STAMP, Jimmy. *A Partial History of Headphones*. Online. Smithsonian magazine. 2013. Dostupné z: <https://www.smithsonianmag.com/arts-culture/a-partial-history-of-headphones-4693742/>. [cit. 2024-05-16].
- [26] PADAM, Gowri Priya. *The History of Headphones and their Evolution over the years*. Online. Medium. 2023. Dostupné z: <https://gowripriyapadam.medium.com/the-history-of-headphones-and-their-evolution-over-the-years-667887ce0813>. [cit. 2024-05-16].
- [27] KAMATH, Praveen. *A Brief History of Headphones and Their Evolution Over the Years*. Online. Headphone zone. 2022. Dostupné z: <https://www.headphonezone.in/blogs/audiophile-101/evolution-of-headphones>. [cit. 2024-05-16].
- [28] NEWMAN, Mike. *The History of Headphones*. Online. Cool material. 2016. Dostupné z: <https://coolmaterial.com/roundup/history-of-headphones/>. [cit. 2024-05-16].
- [29] *Elektrolarynx*. Online. Neznámý. Dostupné z: <https://www.hcenat.zcu.cz/wiki/index.php/Elektrolarynx>. [cit. 2024-05-16].

- [30] *The History of Voice Box Devices for Laryngectomees*. Online. Ultra Voice. Neznámý. Dostupné z: <https://www.ultravoice2.com/the-history-of-voice-box-devices-for-laryngectomees/>. [cit. 2024-05-16].
- [31] KAYE, Rachel; TANG, Christopher G. a SINCLAIR, Catherine F. The electrolarynx: voice restoration after total laryngectomy. Online. *Medical Devices, Auckland, New Zealand*. 2017, roč. 2017, č. 10, s. 133-140. Dostupné z: <https://doi.org/10.2147/MDER.S133225>. [cit. 2024-05-16].
- [32] HEATON, James T.; ROBERTSON, Mark a GRIFFIN, Cliff. Development of a Wireless Electromyographically Controlled Electrolarynx Voice Prosthesis. Online. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc*. 2011, roč. 2011, č. 2011, s. 5352–5355. Dostupné z: <https://doi.org/10.1109/IEMBS.2011.6091324>. [cit. 2024-05-16].
- [33] ALZA.CZ. *Anker 321 MagGo Battery PowerCore 5K Black*. Online. Alza.cz. Neznámý. Dostupné z: <https://www.alza.cz/anker-321-maggo-battery-powercore-5k-black-d8052377.htm>. [cit. 2024-05-21].
- [34] *Elektrolarynx*. Online. Neznámý. Dostupné z: <https://www.hcenat.zcu.cz/wiki/index.php/Electrolarynx>. [cit. 2024-05-21].
- [35] *Elektrolarynx (USA)*. Clifford CLIFFORD. Přihl.: 29.listopad 2012. Uděl.: 29.listopad 2012. US20150237422A1. Dostupné z: <https://patents.google.com/patent/US20150237422A1/en>. [cit. 20240].
- [36] *Method of generating an artificial voice (Německo)*. Altavo GmbH. Přihl.: 22.04.2020. Uděl.: 10.08.2023. DE102020110901B4. Dostupné také z: [https://patents.google.com/patent/DE102020110901B4/en?q=\(elektrolarynx\)&og=elektrolarynx](https://patents.google.com/patent/DE102020110901B4/en?q=(elektrolarynx)&og=elektrolarynx).
- [37] TELTEX.COM. *Truetone electrolarynx*. Online. Teltex.com. Neznámý. Dostupné z: <https://teltex.com/content/userguides/Griffin-TruTone-User-Guide.pdf>. [cit. 2024-05-21].
- [38] TELTEX. *Griffin Laboratories SolaTone® Electrolarynx*. Online. Teltex. Neznámý. Dostupné z: <https://teltex.com/manual-resources-discontinued-products/griffin-sola-tone-electro-larynx/>. [cit. 2024-05-21].
- [39] SHEFFMED. Online. Neznámý. Dostupné z: <https://www.sheffmed.com/the-buchanan-range/>. [cit. 2024-05-21].
- [40] *Laryngectomy products*. Online. SHEFFMED. Neznámý. Dostupné z: <https://www.sheffmed.com/wp-content/uploads/2022/04/Sheffmed-Laryngectomy-Brochure-2022.pdf>. [cit. 2024-05-21].
- [41] ATOS MEDICAL. *Provox – electrolarynx*. Online. Atos medical. Neznámý. Dostupné z: [152](https://www.atosmedical.com/download/wp-

</div>
<div data-bbox=)

- content/uploads/sites/2/2023/08/12100_IFU-Electrolarynx_2022-10-03_web.pdf. [cit. 2024-05-21].
- [42] ROMET. *Digital Electronic Larynx: Elevated Digital Technology*. Online. Romet. Neznámý. Dostupné z: https://www.romet.us/images/access_files/1693466393.pdf. [cit. 2024-05-21].
 - [43] SERVOX. *SERVOX BATTERY*. Online. LAUDER. Lauder– the electrolarynx company. Neznámý. Dostupné z: [https://www.electrolarynx.com/store/p12/Servox-battery.html#/.](https://www.electrolarynx.com/store/p12/Servox-battery.html#/) [cit. 2024-05-21].
 - [44] *ROMET Model # R700 Clarity Digital Electronic Larynx, Electronic Speaking Device, Artificial Larynx by Romet (USB Charging & Great Sound at Economic Price)*. Online. Amazon.com. Neznámý. Dostupné z: https://www.amazon.com/ROMET-Electronic-Speaking-Artificial-Charging/dp/B095J2X5VH?ref=ast_sto_dp. [cit. 2024-05-21].
 - [45] *Sharp Sound Partner*. Online. SHARP. Neznámý. Dostupné z: <https://sg.sharp/products/tvav/ss1wh>. [cit. 2024-05-21].
 - [46] PADLA, REI. *Yanko Design – GAMEBOY-INSPIRED MAGSAFE POWERBANK GIVES UP TO 10000MAH EXTRA POWER*. Online. Yanko Design. 2022. Dostupné z: <https://www.yankodesign.com/2022/06/20/gameboy-inspired-magsafe-powerbank-gives-up-to-10000mah-extra-power/>. [cit. 2024-05-21].
 - [47] *Anker 10,000mAh 633 Magnetic Battery (MagGo), Foldable Wireless Portable Charger, 20W USB-C Power Delivery For iPhone 15/14/13/12 Series*. Online. SHEIN. Neznámý. Dostupné z: https://m.shein.com/us/Anker-633-Magnetic-Battery-MagGo-10-000mAh-Foldable-Wireless-Portable-Charger-20W-USB-C-Power-Delivery-for-iPhone-14-14-Pro-14-Pro-Max-iPhone-13-12-Series-p-15647946-cat-4186.html?utm_source=pinterest.com&utm_medium=cpc&utm_campaign=muspin_dpa_electronics_se2304231258357517_Unlimited&url_from=muspin_dpa_electronic_s_se2304231258357517_Unlimited&epik=dj0yJnU9WDRXNWNfbUt2LTVHdDZ4WkdPM2dqQXFXWVILeUhOLTgmcD0wJm49bTdpQ0ITb0R3VlpSYW9LMWVENTFPZyZ0PUFBQUFBR1IQNk1B. [cit. 2024-05-21].
 - [48] *Anker Magnetic Battery (MagGo), 5,000 mAh Foldable Magnetic Wireless Portable Charger and USB-C for iPhone 15/15 Plus/15 Pro/15 Pro Max, iPhone 14/13 Series (Interstellar Gray)*. Online. Amazon. Neznámý. Dostupné z: <https://www.amazon.com/Anker-Magnetic-Foldable-Wireless-Interstellar/dp/B09925S3R9?th=1>. [cit. 2024-05-21].
 - [49] COX, Steven R. a , and Department of Communication Sciences and Disorders, Adelphi University, Garden City, NY. *Review of the Electrolarynx: The Past and Present*. Online. *Perspectives of the ASHA Special Interest Groups*. 2019, roč. 2019, č. 4 (3), s. 118–129. Dostupné z: https://doi.org/10.1044/2018_PERS-SIG3-2018-0013. [cit. 2024-05-21].

- [50] BIEŃ MD, PHD, Stanisław; RINALDO MD, FACS, Alessandra; SILVER MD, FACS, Carl E.; FAGAN MBCHB, FCS (SA) MMED, Johannes J.; PRATT MD, FACS, Loring W. et al. History of Voice Rehabilitation Following Laryngectomy. Online. *Laryngoscope*. 2008, roč. 2009, č. Volume 118, article Issue 3, s. 453-458. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1097/MLG.0b013e31815db4a2?samlreferrer>. [cit. 2024-05-21].
- [51] *Elektromechanické AC měniče (13)*. Online. SOS Electronic. Neznámý. Dostupné z: <https://www.soselectronic.com/cz/elektromechanicke-ac-menice>. [cit. 2024-05-21].
- [52] *SERVOX PROTÉZA HLASOVÁ ELEKTROLARYNX: příslušenstvo 2 ks akumulátor + nabíjačka, 1x1ks*. Online. ADC. Neznámý. Dostupné z: <https://www.adc.sk/databazy/produkty/detail/servox-proteza-hlasova-elektrolarynx-303419.html>. [cit. 2024-05-21].
- [53] VENCLOVÁ, Bc. Eliška. *Využití náhradních hlasových mechanismů při rehabilitaci osob po totální laryngektomii*. Online, Diplomová práce, vedoucí doc. PaedDr. Karel Neubauer, Ph.D. Hradec Králové: Univerzita Hradec Králové, Pedagogická fakulta, Katedra speciální pedagogiky a logopedie, 2018. Dostupné z: <https://theses.cz/id/cy6arm/STAG88571.pdf>. [cit. 2024-05-21].
- [54] LABEX TRADE ELECTROLARYNX. *Labex Trade Electrolarynx*. Online. Neznámý. Dostupné z: <https://labextrade.com>. [cit. 2024-05-21].
- [55] *AlzaPower Parade 10000mAh Power Delivery (22,5W) bílá*. Online. Alza.cz. Neznámý. Dostupné z: <https://www.alza.cz/alzapower-parade-power-delivery?dq=7177720#reviews>. [cit. 2024-05-21].
- [56] *Cooper-Rand Electronic Speech Aid with Tone Generator*. Online. La medical wholesale. Neznámý. Dostupné z: <https://www.lamedicalwholesale.com/product/cooper-rand-electronic-speech-aid-with-tone-generator>. [cit. 2024-05-21].

7.2. Seznam použitých obrázků

- Obr. 1 – Obr. 12 – HRADECKÁ, Bc. Zuzana. *FYZIOLOGIE LIDSKÉHO HLASOVÉHO ÚSTROJÍ*. Diplomová práce. Brno: MASARYKOVA UNIVERZITA, Přírodovědecká fakulta, Ústav experimentální biologie, Oddělení fyziologie a imunologie živočichů, 2007. Dostupné také z: https://is.muni.cz/th/y0tvu/Fyziologie_lidskeho_hlasoveho_ustroji_-_diplomova_prace.pdf.
- Obr. 13 – Obr. 14 – STANISLAV, Ing. Petr. *Rozpoznávání řeči pacientů po totální laryngektomii komunikujících pomocí elektrolarynxu*. Dizertační práce, vedoucí Prof. Ing. Josef Psutka, CSc. Brno: Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd, Katedra kybernetiky, 2020. Dostupné také z: https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/41889/1/stanislav-thesis_online.pdf.
- Obr. 15 – Obr. 16 – HRADECKÁ, Bc. Zuzana. *FYZIOLOGIE LIDSKÉHO HLASOVÉHO ÚSTROJÍ*. Diplomová práce. Brno: MASARYKOVA UNIVERZITA, Přírodovědecká fakulta, Ústav experimentální biologie, Oddělení fyziologie a imunologie živočichů, 2007. Dostupné také z: https://is.muni.cz/th/y0tvu/Fyziologie_lidskeho_hlasoveho_ustroji_-_diplomova_prace.pdf.
- Obr. 17 – Obr. 22 – STANISLAV, Ing. Petr. *Rozpoznávání řeči pacientů po totální laryngektomii komunikujících pomocí elektrolarynxu*. Dizertační práce, vedoucí Prof. Ing. Josef Psutka, CSc. Brno: Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd, Katedra kybernetiky, 2020. Dostupné také z: https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/41889/1/stanislav-thesis_online.pdf.
- Obr. 23: *Elektrolarynx*. Online. Google. Neznámý. Dostupné z: <https://www.medial.cz/pro-profesionaly/pc-654-elektrolarynx/pr-8335-romet-electro-larynx-echo-ii-digital>. [cit. 2024-05-24 Obr. 23 – *Elektrolarynx*. Online. Google. Neznámý. Dostupné z: <https://www.medial.cz/pro-profesionaly/pc-654-elektrolarynx/pr-8335-romet-electro-larynx-echo-ii-digital>. [cit. 2024-05-24].
- Obr. 24 – *Elektrolarynx* (USA). Clifford CLIFFORD. Přihl.: 29.listopad 2012. Uděl.: 29.listopad 2012. US20150237422A1. Dostupné z: <https://patents.google.com/patent/US20150237422A1/en>. [cit. 20240].
- Obr. 25 – SYRINX. *Syrinx, Speech is a right, not a privilege*. Online. Syrinx, Speech is a right, not a privilege. 2020. Dostupné z: <https://syrinx.community/en/>. [cit. 2024-05-16].
- Obr. 26 – Obr. 33 – NEWMAN, Mike. *The History of Headphones*. Online. Cool material. 2016. Dostupné z: <https://coolmaterial.com/roundup/history-of-headphones/>. [cit. 2024-05-16].

- Obr. 34 – Obr. 36 – MADHUSHANKARA,, M.; BHAT, Somashekara a PRASAD, Keerthana. Design of Wearable Electrolarynx with Automatic Control. Online. *Journal of Medical Signals & Sensors*. 2022, roč. 2022, č. 12(4):p 317-325, Oct–Dec 2022, s. 317–325. Dostupné z: https://doi.org/10.4103/jmss.jmss_147_21. [cit. 2024-05-16].
- Obr. 37 – *HANDS-FREE ELECTROLARYNX*. Online. In: Behance. 2013. Dostupné z: <https://www.behance.net/gallery/11197981/Hands-free-Electrolarynx-Academic-Project-2011>. [cit. 2024-05-24].
- Obr. 38 – *HANDS-FREE ELECTROLARYNX*. Online. In: Behance. 2013. Dostupné z: <https://www.behance.net/gallery/11197981/Hands-free-Electrolarynx-Academic-Project-2011>. [cit. 2024-05-24].
- Obr. 39 – kashibi.com. 柏美術学院の教室の様子や生徒の作品を紹介します. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286335677/>. [cit. 2024-05-24].
- Obr. 40 – *Bill Thompson — Sculpture*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286335747/>. [cit. 2024-05-24].
- Obr. 41 – *Pokehono*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286335736/>. [cit. 2024-05-24].
- Obr. 42 – *2d.cgmasteracademy.com*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286335726/>. [cit. 2024-05-24].
- Obr. 43 – *APRILLI*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286335719/>. [cit. 2024-05-24].
- Obr. 44 – *HANDS-FREE ELECTROLARYNX*. Online. In: Behance. 2013. Dostupné z: <https://www.behance.net/gallery/11197981/Hands-free-Electrolarynx-Academic-Project-2011>. [cit. 2024-05-24].
- Obr. 45 – *Braudel In-ear Tactical Wireless Bluetooth Throat Vibrate Mic Microphone*. Online. YouTube. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=OJIAHUJzVzM>. [cit. 2024-05-24].
- Obr. 46 – *Throat Mic test for FISD post*. Online. YouTube. Neznámý. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=KWtsmFSF0Xg>. [cit. 2024-05-24].
- Obr. 47 – *Wadsn Tactical Throat Mic Tube Headset Neck Laryngeal Armaini Store Odebírat*. Online. YouTube. Neznámý. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=xhK_bt2zZys. [cit. 2024-05-24].
- Obr. 48 – *Scontent-waw1-1.xx.fbcdn.net*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286335808/>. [cit. 2024-05-24].

- Obr. 49 – Wolf Wang. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286335759/>. [cit. 2024-05-24].
- Obr. 50 – *Communicating in noisy clinical environments - the Throat Microphone / Laryngophone*. Online. YouTube. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=2rk79-Y6Nag>. [cit. 2024-05-24].
- Obr. 51 – *Dual transponder throat mic review for F1SD post - costume voice amplifier comparison*. Online. YouTube. Neznámý. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=4uH_iZh9Vwg. [cit. 2024-05-24].
- Obr. 52 – *Wadson Tactical Throat Mic Tube Headset Neck Laryngeal Armairni Store Odebírat*. Online. YouTube. Neznámý. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=xhK_bt2zZys. [cit. 2024-05-24].
- Obr. 53 – RODD/. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286629455/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 54 – Behance. *Waveform - Haptic Audio Experience*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286629495/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 55 – grapee.jp. *Fujitsu's futuristic Cómodo gear is a wearable AC unit with biometric sensing & monitoring*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286629434/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 56 – sg.sharp. *AN-SS1(WH)*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286629414/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 57 – Yanko Design - *Form Beyond Function. THIS INNOVATIVE WEARABLE NECKBAND HELPS YOU REDUCE STRESS AND IMPROVE SLEEP USING BIOHACKING*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286818490/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 58 – PuXiang. *【第102期TOP榜铜奖】 Neck massager design - 普象网*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286719566/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 59 – lemanoosh.com. *Industrial Design Trends, Jobs and Online Courses - leManoosh*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286877589/>. [cit. 2024-05-23].

- Obr. 60 – GROOM. *그룸디자인*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975287456893/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 61 – Dezeen. *Seymourpowell's Atmosphère devices diffuse cosmetics at the user's face*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286630033/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 62 – Yanko Design - Form Beyond Function. *Earphones that don't sit in your ears! - Yanko Design*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286818482/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 63 – NYCD Industrial Design Agency. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286818864/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 64 – Temu. *Design Save temu.com Rechargeable Neck Fan - Portable Usb Cooling Fan With 360 Degree Surround Air Outlets And Leafless Design For Hands-free Comfort*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286629851/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 65 – Ergonable. *ErgoFan™*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286629929/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 66 – Yanko Design - Form Beyond Function. *Time in a Bangle - Yanko Design*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286629956/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 67 – Dezeen. *Seymourpowell's Atmosphère devices diffuse cosmetics at the user's face*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286630033/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 68 – iF Design. *Future Lab Program™ N*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286629952/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 69 – HM Store. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286629989/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 70 – moov.ooo. *(2024年) 肩掛けスピーカーおすすめ10選 安くて良い品や高機能モデル - Moovoo(ムーブー)*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286630025/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 71 – Behance. *TONE*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286629511/>. [cit. 2024-05-23].

- Obr. 72 – eBay. *LARYNGOPHONE AVEC PTT GRANDE MILITAIRE POUR MOTOROLA ET COBRA ,MODELE POLICE FBI | eBay*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286630538/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 73 – soundandvision.com. *LG and DTS Collaborate on Neckband Speaker*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286629928/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 74 – technical.ly. *These Hopkins students are vying for \$10M prize in wearable health tech - Technical.ly*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286629867/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 75 – Behance. *Neck Massager*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286629865/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 76 – PostlerFerguson. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286629849/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 77 – Yanko Design - Form Beyond Function. *Track Music And Moves With On! - Yanko Design*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286629864/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 78 – ManoMano FR. *Ventilateur de cou suspendu portable et lecteur de musique Ventilateur sans lame mains libres 2000 mAh Ventilateur portable rechargeable Contrôle à 3*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286629850/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 79 – Yanko Design - Form Beyond Function. *Wrists are So Last Summer - Yanko Design*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286629813/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 80 – Behance. *PHIATON BT150NC*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286629833/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 81 – TechCrunch. *Samsung's new startups include a wearable 360 cam and a humming app | TechCrunch*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975287458157/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 82 – LAYER. *Tone*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286629721/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 83 – Yanko Design - Form Beyond Function. *Capture the Story From Your Perspective - Yanko Design*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286629533/>. [cit. 2024-05-23].

- Obr. 84 – Yanko Design - Form Beyond Function. *Modular headphones that mix your sound to match your space - Yanko Design*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286629515/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 85 – RODD/. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286629455/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 86 – hchn. *Tyrf*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286629498/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 87 – grapee.jp. *Fujitsu's futuristic Cómodo gear is a wearable AC unit with biometric sensing & monitoring*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286629434/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 88 – Yanko Design - Form Beyond Function. *Uber Hi-tech And Just For Women Too - Yanko Design*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286629751/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 89 – Behance. *Ω Neck Massager*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286629811/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 90 – lemanoosh.com. *Headset Archives - leManoosh*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286629305/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 91 – Behance. *Portal Telemedicine Headset*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286629534/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 92 – - budgetblogging. *2-Pack Miady 10000mAh Dual USB Portable Charger*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286632880/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 93 – Yanko Design - Form Beyond Function. *GAMEBOY-INSPIRED MAGSAFE POWERBANK GIVES UP TO 10000MAH EXTRA POWER*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286628556/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 94 – Amazon.com. *Pocket Router*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286877726/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 95 – SHEIN. *Anker 633 Magnetic Battery (MagGo), 10,000mAh Foldable Wireless Portable Charger, 20W USB-C Power Delivery for iPhone 14/14 Pro / 14 Pro Max, iPhone 13/12 Series*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286378828/>. [cit. 2024-05-23].

- Obr. 96 – Behance. *Chrysanthemum lamp -Mobile power design*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286877692/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 97 – Lemanoosh.com. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975287332325/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 98 – SHEIN. *Anker 633 Magnetic Battery (MagGo), 10,000mAh Foldable Wireless Portable Charger, 20W USB-C Power Delivery for iPhone 14/14 Pro / 14 Pro Max, iPhone 13/12 Series*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286378828/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 99 – Lemanoosh.com. *Cable Management Archives - leManoosh*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286877819/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 100 – NATIVE UNION. *Native Union - Drop Wireless Charger - Slate*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286339284/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 101 – - Behance. *MAGCHIC-Wireless Charging Kit*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286339290/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 102 – JOURNEY. *Rapid GO 10,000mAh Wireless Kickstand Power Bank*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/82781797528662859a5/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 103 – Gan Gaze. *Ganzle*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286877876/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 104 – Behance. *Thino Charger*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286877821/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 105 – Behance. *MAGCHIC-Wireless Charging Kit*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286339291/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 106 – Dezeen. *Benjamin Hubert aims to disrupt the tech market with new brand Nolii*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286373798/>. [cit. 2024-05-23].

- Obr. 107 – NATIVE UNION. *Native Union - Drop Wireless Charger - Slate*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286339284/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 108 – - tossplace.com. *프론트 | 토스플레이스*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286483741/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 109 – SHEIN. *Anker 622 Magnetic Wireless Portable Charger (MagGo), 5000mAh Foldable Magnetic Battery and USB-C For iPhone 13/12 Series*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286483743/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 110 – - MelliElectronicos. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286483772/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 111 – Sarah Martin. *Chargomate Magnetic Portable Wireless Charger And Power Bank For Apple And Android bit.ly/3RHMYoA*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286483751/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 112 – JOURNEY. *Rapid GO 10,000mAh Wireless Kickstand Power Bank*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/82781797528662859a5/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 113 – *PowerBank*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286483769/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 114 – Amazon Fashion EU. *Battery (MagGo), 5000mAh Foldable Magnetic Wireless Portable Charger and USB-C for iPhone 14/13 Series*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286483742/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 115 – MrsIm. *Accessoires de chargeur sans fil Chargeur sans fil rapide universel sans fil magnétique - Tapez C / Blanc*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286339278/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 116 – Amazon. *LISEN 3 in 1 Charging Station for Apple Devices Magsafe Wireless Charger Pad for iPhone, Travel Wireless Charging Station for Multiple Devices Fits iPhone 15 Pro Max Magsafe Charger AirPods I Watch : Cell Phones & Accessories*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286339279/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 117 – Amazon. *Wireless Charger, 3 in 1 Qi-Certified Fast Charging Station, Portable Magsafe Charger Pad Compatible with Apple Watch AirPods iPhone 13/12/11/Pro/Max, Samsung : Cell Phones & Accessories*. Online. In: Pinterest.com.

- Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286339283/>.
[cit. 2024-05-23].
- Obr. 118 – Buy Me Once. *Fast Charging Duo USB-C plug*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975287617491/>.
[cit. 2024-05-23].
 - Obr. 119 – HOPLEY, Daniel. *Amazon.com.au Best Sellers: The most popular items in Mobile Phones & Communication*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975287617535/>. [cit. 2024-05-23].
 - Obr. 120 – BrandsWalk. *OCOMMO 20W USB-C Power Adapter - Single*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975287617533/>.
[cit. 2024-05-23].
 - Obr. 121 – Evolved Chargers. *20W USB C Power Adapter*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975287617531/>.
[cit. 2024-05-23].
 - Obr. 122 – Turbotech Co. *5-in-1 Wireless Charger Set: Fast Charging Power Bank, Magnetic, Cable, Phone Case, iPhone 13*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975287617530/>. [cit. 2024-05-23].
 - Obr. 123 – Ace Home Store. *Cool Crouch EU Plug 2 Ports LED Light USB Charger + Cable 5V 2A Wall Adapter Mobile Phone Micro Data Charging For iPhone iPad Samsung*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975287617527/>. [cit. 2024-05-23].
 - Obr. 124 – Amazon. *HyperJuice Gam 100W USB-C Charger - 4 Port HyperJuice USB Charger - Universal 100V - 240V HyperJuice Charger - Portable USB-C Charger with International Converter*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975287617526/>. [cit. 2024-05-23].
 - Obr. 125 – KOL DEALS. *[Apple MFi Certified] iPhone Fast Charger, Veetone 20W PD Type C Power Wall Charger Travel Plug with 6FT USB C to Lightning Quick Charge Sync Cable Compatible with iPhone 12/11/XS/XR/X 8/SE 2020, iPad*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975287617522/>.
[cit. 2024-05-23].
 - Obr. 126 – 101gadgets. *iPhone Charger Certified Charging Adapter*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975287617525/>.
[cit. 2024-05-23].
 - Obr. 127 – SPEARS, Darby. *Iphone 15 Charger*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975287617521/>. [cit. 2024-05-23].

- Obr. 128 – Cell Phone Accessories. *Charger Charging Adapter Samsung Galaxy*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975287617524/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 129 – Phone Accessories. *TT Charger Adapter Compatible Samsung*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975287617486/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 130 – Belle Survivante Photography LLC. *SD Card Reader for iPhone iPad*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975287617422/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 131 – AmzUk. *IPhone Charger Plug and Cable 2M[Apple MFi Certified], iPhone Fast Charger Cable and Plug 20W, Apple*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975287617418/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 132 – The Radeef. *Apple USB-C to USB Adapter*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975287617416/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 133 – Staples Canada. *Apple 30w usb-c power adapter-(mr2a2ll/a)- ivory/off-white*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975287617420/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 134 – Frieda Merrill. *IPhone Fasn Charger Block, [Apple MFi Certified] 2Pack 20W USB C Wall Charging Plug, Type-C Power Adapter Brick Cube for iPhone 15 Plus/15 pro MAX/14/14 Pro Max/13/13 Pro/12 Mini/11 Pro Max, iPad Pro*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975287617429/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 135 – 101gadgets. *Lightning Portable Compatible Keyboard Application Plug*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975287617411/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 136 – Digital Content Insider Pro Seller. *Apple 20W USB-C Power Adapter 20W USB C Apple iPhone Charger, iPhone 13 Wall Charger, Type C*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975287617396/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 137 – Nolii.com. *Duo Plug | UK Double USB Wall Plug & Charger*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286483718/>. [cit. 2024-05-23].

- Obr. 138 – Boowan Nicole. *Wriggle Storage Box Candle Jar Silicone Mold - Storage Box - II*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975287332304/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 139 – COPO Design. *Boite de transport pour Savon et Petit objets - A base de bois - Terracotta / 5 (all colors)*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975287332306/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 140 – quip. *Bring good habits everywhere with the quip Refresh Bag*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975287332311/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 141 – Bill chen. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975287005290/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 142 – iF Design. *JELLY Package*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975287456744/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 143 – ycy. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975287456731/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 144 – Etsy. *Set of 4 Soap Travel box - Eco-friendly without plastic Travel soap Holder - Soap bar Travel Case - Wood Based box - Made in France*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286877558/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 145 – Wallpaper*. *Beauty & Grooming | Wallpaper* Magazine*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286877536/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 146 – xon. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975287456761/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 147 – eskildhansen.com. *Joi*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975287456763/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 148 – Wallpaper*. *Beauty & Grooming | Wallpaper* Magazine*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286877536/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 149 – Yang Emily. *Eco friendly cosmetics packaging box*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975287456759/>. [cit. 2024-05-23].

- Obr. 150 – 리베이션. *CNF BAG PACKAGING*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975287456746/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 151 – Topawards Asia. *CROON — Topawards Asia*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286877581/>. [cit. 2024-05-23].
- br. 152 – HAKII | Wireless Earbuds & Sports Gears. *HAKII ICE Low Latency Wireless Earbuds for Android & iPhone Standard / White*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286819060/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 153 – Walmart. *Cptfadh Brand New Travell Soap Dish Box Case Holder, Size:One size, Multicolor*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286630575/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 154 – Yanko Design - Form Beyond Function. *Sony debuts original sustainable packaging as part of its initiative to achieve a zero environmental footprint by 2050! - Yanko Design*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286630651/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 155 – Behance. *LOCKIT - 轻巧高效的通勤手提箱*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286630633/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 156 – Target. *Bentgo Modern 4 Compartment Bento Style Leakproof Lunch Box - White*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286630635/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 157 – Yanko Design - Form Beyond Function. *This ambidextrous mouse uses an accordion-like design to give each hand an ergonomic grip*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286630663/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 158 – g-mark.org. *Smart ECG recorder*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286630637/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 159 – Creative Boom. *The Creative Boom 2021 Christmas gift guide for creatives*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286630621/>. [cit. 2024-05-23].
- Obr. 160 – Hendrik Uusmaa. *An All New Nebulizer - Yanko Design*. Online. In: Pinterest.com. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/827817975286630599/>. [cit. 2024-05-23].

7.3. Seznam použitých tabulek

- Tabulka 1 – STANISLAV, Ing. Petr. *Rozpoznávání řeči pacientů po totální laryngektomii komunikujících pomocí elektrolarynxu*. Dizertační práce, vedoucí Prof. Ing. Josef Psutka, CSc. Brno: Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd, Katedra kybernetiky, 2020. Dostupné také z: https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/41889/1/stanislav-thesis_online.pdf.
- Tabulka 2 a Tabulka 3 – MADHUSHANKARA,, M.; BHAT, Somashekara a PRASAD, Keerthana. Design of Wearable Electrolarynx with Automatic Control. Online. *Journal of Medical Signals & Sensors*. 2022, roč. 2022, č. 12(4):p 317-325, Oct–Dec 2022, s. 317–325. Dostupné z: https://doi.org/10.4103/jmss.jmss_147_21. [cit. 2024-05-16].
- Tabulka 4 – *Critical body*. Online. 2022. Dostupné z: <https://criticalbody.com/average-neck-size/>. [cit. 2025-01-10].

