

Samenvatting en Conclusies

Het strottehoofd is gesitueerd in de hals en vormt de overgang tussen de mond-keelholte en de luchtpijp (figuur S.1). In het strottehoofd zijn twee stembanden, die belangrijk zijn voor het genereren van stemgeluid.

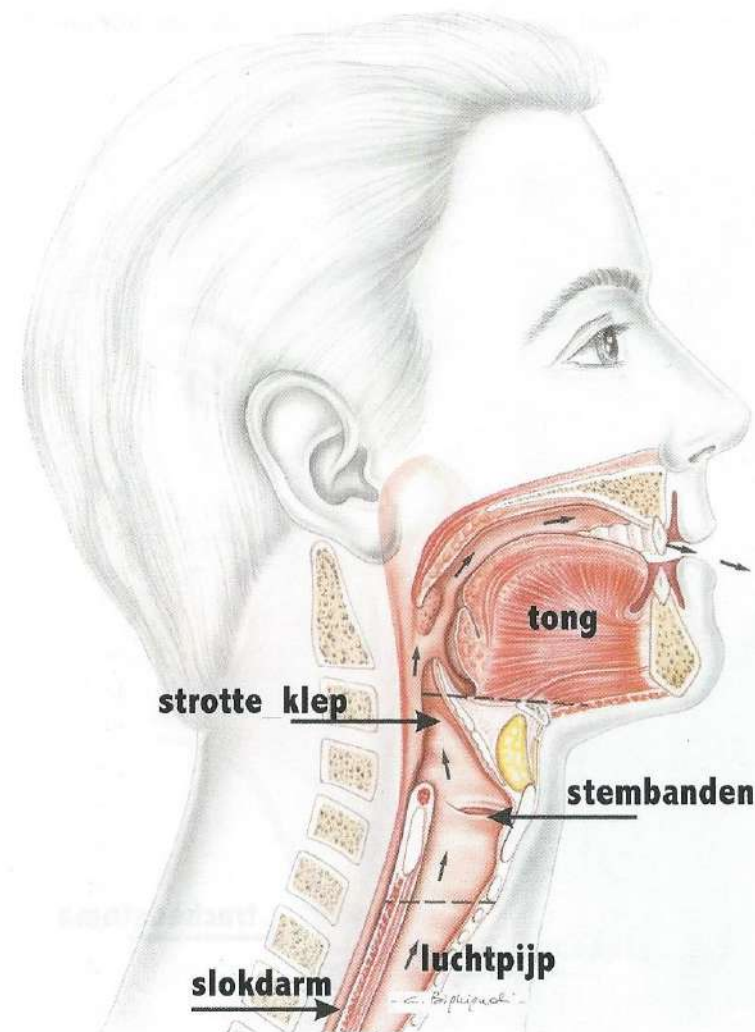
Om diverse redenen, waaronder kankergezwellen van de stembanden, kan het noodzakelijk zijn om het strottehoofd te verwijderen ("laryngectomy", laryngectomie) en de luchtpijp direct aan de huid vast te maken ("tracheostoma"). Hierdoor verliest de persoon in kwestie niet alleen het vermogen om te spreken, maar verandert de kwaliteit van de ingeademde lucht. In de normale situatie wordt de ingeademde lucht eerst voorverwarmd, bevochtigd en gefilterd. Bij inademing via een tracheostoma worden deze drie functies niet meer door de neus gedaan, hetgeen onder andere leidt tot overmatige slijmproductie door de longen.

Sinds de eerste laryngectomie zijn er verschillende vormen ontwikkeld om stem te genereren ("voice restoration", stemrevalidatie). De beste vorm van stemrevalidatie vindt plaats door een verbinding te maken tussen luchtpijp en slokdarm ("tracheoesophageal fistula", tracheo-oesofageale fistel), zodat er lucht vanuit de longen via de verbinding in de slokdarm terecht komt en door de mond kan worden uitgeblazen. Hierdoor ontstaat er trilling in de slokdarm, hetgeen een geluid teweegbrengt. Om lekkage uit de slokdarm naar de luchtpijp toe te voorkomen moet er een eenrichtingsklepje ("voice prosthesis", stemprothese) geplaatst worden in de verbinding. Echter, de patiënt moet de tracheostoma afsluiten met een hand om een overdruk te genereren, waardoor de lucht via de verbinding naar de slokdarm stroomt en niet via de tracheostoma naar de buitenlucht.

In dit proefschrift worden de verschillende stemprotheses getest op hun fysische eigenschappen (aërodynamica) vergeleken. Tevens is er gekeken naar verschillende kleppen, die op de tracheostoma geplakt worden en de functie van de afsluitende hand overneemt. Hiervan wordt ook de aërodynamica besproken. Verder worden ook filters getest, die deels de functie van de neus overnemen ("heat and moisture exchangers", warmtevocht wisselaars).

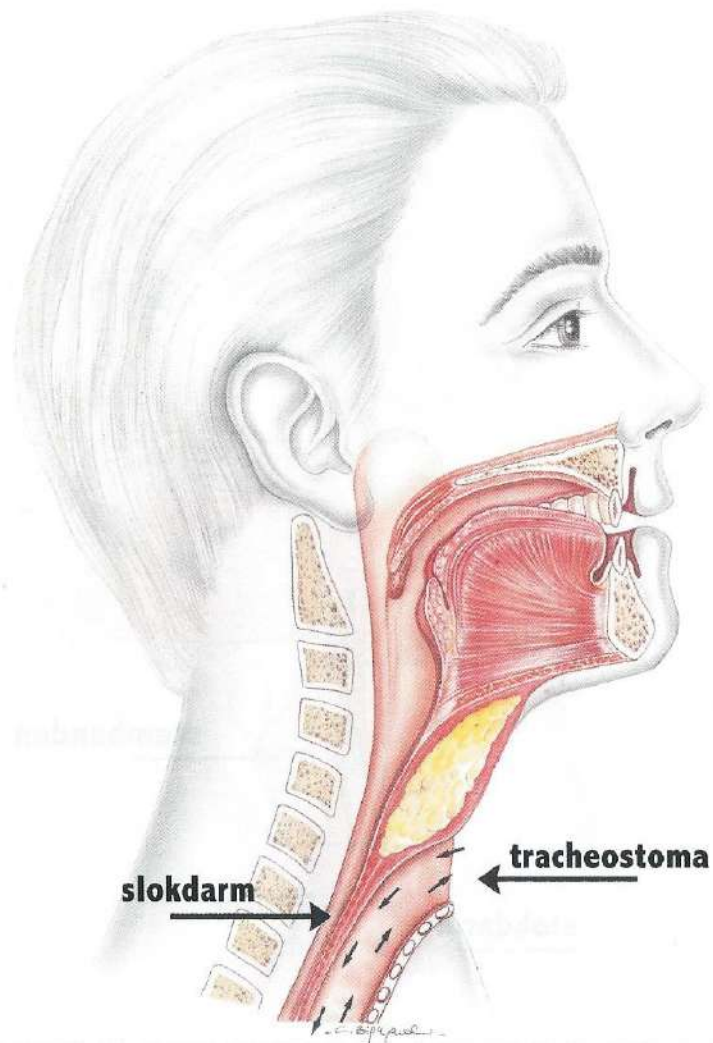
Het anatomisch onderzoek van de tracheostoma en haar aangrenzende

structuren werd bemoeilijkt door het ontbreken van adequate imaging technieken. Gewone CT-scans geven een te weinig gedetailleerd beeld en het maken van siliconen afdrukken van de tracheostoma is rondt een te gevaarlijke procedure. In de literatuur vonden we een non-invasieve techniek, stereolithografie geheten, die voor benige reconstructies werd



Figuur S.1: Illustratie van de anatomie bij niet geopereerde mensen. De structuren van het strottehoofd e.d. zijn aangegeven.

gebruikt. In hoofdstuk 2 wordt beschreven hoe wij deze techniek gemodificeerd hebben om driedimensionele afbeeldingen te vervaardigen van een tracheostoma met aangrenzende structuren. In totaal werden er acht 3D-afbeeldingen gemaakt van de weke delen en acht van de luchtinhoud die zij omsloten in acht verschillende patiënten. Alle gemaakte modellen zijn in detail nauwkeurig, al zijn er artefacten ten gevolge van



Figuur S.2: Anatomische illustratie waarbij het strottehoofd is verwijderd ("laryngectomy").

bewegingen van de patiënt tijdens het maken van de CT-scan. Details van de stemprothese en de lucht in de slokdarm zijn duidelijk zichtbaar. Deze modellen waren aanvankelijk bedoeld als hulpmiddel bij het vervaardigen van een endostomale bevestiging voor tracheostomakleppen maar bleken ook geschikt voor de ontwikkeling van stemprothesen en meetopstellingen. Mensen die met een stemprothese spreken moeten de tracheostoma afsluiten om luchtdruk op te bouwen waardoor lucht de stemprothese en het aanzetstuk passeert. Zij doen dit met de hand waardoor hun bewegingsvrijheid aanzienlijk beperkt wordt. In hoofdstuk 3 wordt een tracheostomaklep beschreven die spraak zonder gebruik van een hand mogelijk maakt. De Blom-Singer Adjustable Tracheostoma Klep werd in 1992 geïntroduceerd. Hij biedt de mogelijkheid om een warmte-vocht wisselaar te gebruiken en tevens de aërodynamische eigenschappen tijdens gebruik te wijzigen. Ongeveer tweederde van de patiënten gebruikt thans zo'n klep om te spreken waarvan de helft een duidelijke vermindering van slijmproductie ervaart tijdens het gebruik van de warmte-vocht wisselaar. Overmatige slijmproductie, hoge endotracheale fonatiedrukken en lekkage van lucht langs de bevestiging beïnvloeden het gebruik in negatieve zin. In hoofdstuk 4 worden drie verschillende tracheostoma kleppen met elkaar vergeleken. Gekeken werd naar aërodynamische verschillen waaronder de maximale luchtstroom, openings- en sluitingsdrukken en de luchtweerstand. Tevens worden veel voorkomende problemen besproken met aansluitend de voorgestelde oplossingen.

Totale laryngectomie heeft behalve de implicaties voor de spraak ook grote gevolgen voor de luchtwegen zelf. De functie van airconditioning van de hogere luchtwegen gaat verloren waarvoor warmte en vocht wisselaars zijn ontwikkeld ter compensatie van deze verloren gegane functies van de neus. In hoofdstuk 5 wordt besproken hoe wij de ISO 9360 verder ontwikkeld hebben om de effectiviteit van deze warmte-vocht wisselaars te meten. Niet alleen vonden wij grote verschillen in effectiviteit maar ook in gebruikskosten. De endotracheale fonatie druk is de som van druk vallen van de stemprothese, faryngo-oesofageale segment, hypofarynx en mond en neus als functie van de gegenereerde luchtstroom. Wij beschrijven in hoofdstuk 6 de in vitro aërodynamische karakteristieken van vijf verschillende stem-

prothesen. Onze meetopstelling verschilt met die van anderen omdat wij een drukregelaar gebruiken die de luchtstroom reguleerd, immers patiënten reguleren de luchtstroom ook door middel van druk variatie. Extra eigenschappen zoals openingsdruk en klep lekkage zijn met deze opstelling te meten.

In hoofdstuk 7 wordt de meetopstelling beschreven, zoals die is gebruikt om aërodynamische eigenschappen en geluidsintensiteit bij de gelaryngectomeerde te bepalen. Verder werd berekend in hoeverre de stemprothese verantwoordelijk was voor de totale luchtweerstand. Hierbij werd gezien, dat bij toenemende geluidsintensiteit het aandeel in de totale luchtweerstand veroorzaakt door de stemprothese kleiner wordt. Er werden geen significante verschillen gevonden tussen occlusie van de tracheostoma met de hand of met de tracheostomaklep.

Het genereren van stemgeluid geschiedt door transformatie van aërodynamische energie in akoestische energie. De efficiëntie, waarin dit proces zich voltrekt, wordt weergegeven in de vocal efficiency. In vergelijking met mensen met een normaal strottehoofd verliezen de gelaryngectomeerden wat betreft efficiëntie, doch bij toenemende geluidsintensiteit zagen wij een toename van de efficiëntie, hetgeen fysiologisch is.

Hoewel tracheo-oesofageale stemrevalidatie in het algemeen beschouwd wordt als de beste vorm van stemrevalidatie, is het lang niet zo goed als stemgeving met een normaal strottehoofd met betrekking tot basisfrequentie, dynamisch bereik, vocal efficiency, enzovoorts. Bovendien kost het veel meer moeite om stem te genereren met behulp van een stemprothese dan in de normale situatie. Verdere exploratie naar wegen (operatieve procedures, stemprothesen) om spraak zonder strottehoofd te verbeteren lijkt noodzakelijk.

Echter, het verbeteren van operatieve procedures wordt beperkt door de oncologische vereisten aan deze procedure. Verdere ontwikkeling van stemprothesen en fixatiemogelijkheden is mijns inziens de aangewezen weg om een optimale stemrevalidatie te bewerkstelligen.

Appendix

Insertion of frontloading indwelling voice prosthesis

Blom-Singer Indwelling Low Pressure Voice Prosthesis

The Blom-Singer Indwelling Low Pressure voice prosthesis kit consists of the low pressure voice prosthesis, inserter, loading tool, gel caps, lubricant, flushing pipets and manuals. The following section is a condensed explanation of the insertion technique. For a detailed description the reader needs to refer to the clinician's manual. The prosthesis is removed from the TEF by pulling it out with a hemostat (figure A.1).

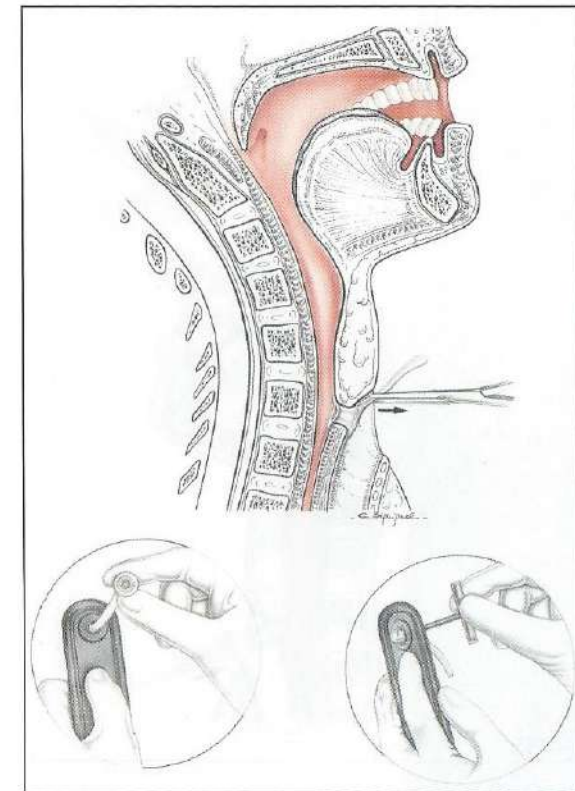


Figure A.1: Removal of the Blom-Singer Low Pressure voice prosthesis with a hemostat. Preparing the voice prosthesis for insertion using the loading tool.