

Samenvatting

Het trillingspatroon van stemplooien tijdens stemgeving is afhankelijk van veel factoren. Twee belangrijke factoren zijn de stijfheid en viscositeit van de weefsels. Deze zijn waarschijnlijk afhankelijk van de hoeveelheid vocht in de weefsels. Derhalve kan verwacht worden dat het vochtgehalte van de weefsels de stemplooitruilling beïnvloedt. Dit proefschrift beschrijft een serie experimenten met als doel het aantonen en verklaren van deze relatie.

Hoofdstuk 1, de introductie, beschrijft het belang van de weefselstijfheid en -viscositeit alsmede van de effectief meetrillende massa voor de stemplooitruilling. De op basis van theoretische overwegingen te verwachten relatie tussen de hoeveelheid vocht in de weefsels en viscositeit en stijfheid wordt nader omschreven. De betreffende literatuur wordt besproken. Observaties bij proefpersonen wijzen op het bestaan van een dergelijke relatie. Enkele experimentele bevindingen ondersteunen de veronderstelling dat oppervlakkige uitdroging, dat wil zeggen uitdroging door lage relatieve vochtigheid van de omgevingslucht, aan deze relatie bijdraagt.

In **Hoofdstuk 2** wordt het effect van relatieve luchtvochtigheid op een aantal akoestische stemparmeters bij proefpersonen aangetoond. De proefpersonen inhaleerden gedurende 10 minuten drie verschillende luchtcondities: droge lucht, normale omgevingslucht en vochtige lucht. In iedere situatie produceerden zij een gecontroleerde /a/. Van deze klank werden de F_0 perturbatie (jitter en shimmer: maten voor irregulariteit van de trilling) en een signaal-ruis verhouding bepaald. Na inhalatie van droge lucht waren de jitter en shimmer significant verhoogd. De signaal-ruis verhouding was niet significant verhoogd. Tussen de omgevingslucht en vochtige lucht was geen significant verschil. Er wordt dan ook geconcludeerd dat de stemplooitruillingen tijdens stemgeving erg gevoelig zijn voor ingeademde droge lucht, maar dat vochtige lucht de stemplooitruilling niet beïnvloedt.

Het feit dat deze oppervlakkige uitdroging effect heeft op de stemplooitruilling suggereert, dat dit effect ontstaat door veranderingen in de mechanische eigenschappen van de oppervlakkige laag van de stemplooien, de cover. Een vervolg experiment werd daarom verricht om het effect van droge lucht op de mechanische eigenschappen van geïsoleerde cover te onderzoeken.

Voor dit experiment werd een nieuwe opstelling ontwikkeld, welke beschreven en geëvalueerd wordt in **Hoofdstuk 3**. De volgende drie methodologische criteria werden voor de evaluatie geformuleerd: 1. het natuurlijke oppervlak van de cover kan worden blootgesteld aan verschillende luchtvochtigheidsomstandigheden, terwijl de geprepareerde zijde bevochtigd wordt door contact met een fysiologische oplossing. 2. kleine veranderingen in de mechanische eigenschappen kunnen betrouwbaar worden gemeten. 3. de op de cover uitgeoefende trilling is binnen fysiologische grenzen. Een proefopstelling die aan deze criteria voldoet, was nog niet beschreven.

Uit de evaluatie wordt geconcludeerd dat de nieuwe proefopstelling aan de gestelde criteria voldoet.

Hoofdstuk 4 beschrijft het experiment waarin met deze methode het effect van relatieve luchtvochtigheid op de stijfheid en viscositeit van uitgeprepareerde cover van schapenlarynxen. Een sinusvormige lengtetrilling (strain) werd op de weefselstukjes uitgeoefend en de hierdoor opgevoerde kracht in het weefsel (stress) werd gemeten. De gain en fase draaiing tussen de opgelegde strain en resulterende stress werd bepaald. Uit deze parameters werden de stijfheid en viscositeit

berekend. De metingen werden verricht onder afwisselend droge en vochtige luchtomstandigheden. De viscositeit en de stijfheid namen toe onder beide omstandigheden. De toename van de stijfheid en viscositeit in droge lucht was sneller en leidde tot een veel stijvere en veel meer visceuze cover dan de vochtige lucht ($P < 0.001$). Het effect bleek reversibel door de weefselstukjes onder te dompelen in fysiologische oplossing. Deze bevindingen geven aan dat de mechanische eigenschappen van de stemplooi cover erg gevoelig zijn voor uitdroging, daar dit tot sterke veranderingen leidt, zelfs wanneer de weefselstukjes continu in contact zijn met een fysiologische oplossing.

Shimmer en jitter metingen konden in dit experiment niet worden gedaan, omdat de frequentie en de amplitude van de trilling door het apparaat werden bepaald. Om dergelijke metingen te kunnen doen is een opstelling nodig waarin de beide stemplooien vrij trillen. In een opstelling met geëxcideerde larynxen die tot fonatie gebracht worden, zou dit wel mogelijk zijn. Daarom werden de volgende twee onderzoeken met behulp van een dergelijke opstelling gedaan.

Hoofdstuk 5 richt zich op het effect van luchtvochtigheidsgraad op akoestische stemparameters bij stemgevende geëxcideerde varkenslarynxen. De stemplooien werden naar elkaar toe gehecht, en tot foneren gebracht met successievelijk vochtige lucht, droge lucht, vochtige lucht en na bevochtiging met een fysiologische oplossing opnieuw vochtige lucht. Van het stemsignaal werden de volgende parameters bepaald: F_0 , jitter, shimmer, turbulentie index en percentage stemloze segmenten. Een stabiele stem werd geproduceerd tijdens het foneren met de eerste vochtige luchtconditie. De parameters benaderden de normaalwaarden bij de mens. Tijdens het foneren met droge lucht verslechterden de parameters snel en verdween het stemgeluid na korte tijd volledig. De vochtige lucht daaropvolgend leidde tot een wisselend herstel van stem en parameters. Na bevochtiging herstelden de parameters nagenoeg tot de uitgangswaarden. Geconcludeerd wordt dat droge lucht leidt tot een verslechtering (verhoging) van jitter en shimmer en andere akoestische stemparameters en vervolgens tot het wegvallen van het stemsignaal. Deze resultaten zijn vergelijkbaar met die bij menselijke proefpersonen. Verschillen in grootte van de gevonden effecten worden verklaard door verschillen in droge lucht provocatie en het ontbreken van fysiologische bevochtiging bij de geëxcideerde larynxen.

Om deze effecten op acoustische stemparameters te relateren aan veranderingen in de mechanische eigenschappen van de stemplooien werd een volgend experiment met dezelfde proefopstelling gedaan.

In **Hoofdstuk 6** wordt dit experiment beschreven; daarbij werden de stemplooitruillingen geanalyseerd met behulp van een laser-optisch systeem en electroglottografie. De volgende effecten tijdens foneren met droge lucht werden gevonden: 1. latere start van de trilling; 2. langere duur van de periode waarin trillingen zonder stemplooicontact bestaan voordat een trilling met stemplooi contact ontstaat; 3. afgenomen amplitude; 4. toegenomen frequentie. Deze bevindingen kunnen worden toegeschreven aan toegenomen stijfheid en viscositeit.

Twee experimenten werden gedaan met een lage stroomsnelheid van de lucht door de larynx. Daarin werd tijdens de droge en daaropvolgende vochtige conditie een opmerkelijk trillingspatroon gezien: een aantal trillingen zonder stemplooi contact wisselden een aantal trillingen met

stemplooi contact af. Dergelijke afwisselende trillingspatronen herhaalden zich meerdere malen. Kennelijk bestaan er bij een bepaalde weefselvochtconcentratie twee (of meer) trillingsmodaliteiten die elkaar afwisselden. Op basis van deze observaties kan verklaard worden dat tijdens uitdroging jitter en shimmer toenemen.

Uit de beschreven effecten wordt geconcludeerd dat de eerder beschreven effecten van droge lucht op de stemplooi trilling verklaard kunnen worden met toegenomen stijfheid en viscositeit. In akoestische analyses kan dit leiden tot toegenomen irregulariteit.

In **hoofdstuk 7** wordt een algemene discussie gegeven over de resultaten van de experimenten bij mensen, geïsoleerde cover en geëxcideerde larynxen. In al deze studies bestond de provocatie uit variaties in relatieve luchtvochtigheidsgraad. De gevonden effecten op de stemplooi trilling moeten hier dan ook aan worden toegeschreven. Geconcludeerd moet worden dat de stemplooi trilling gevoelig is voor lage relatieve luchtvochtigheidsgraad. Het kan niet worden uitgesloten dat onder andere omstandigheden ook systemische provocaties kunnen bijdragen aan uitdroging en/of bevochtiging van de cover.

De gevonden effecten van droge lucht ontstonden binnen één tot enkele minuten. Het lijkt onwaarschijnlijk dat in zo korte tijd een uitdrogend effect van droge lucht op een diepliggende structuur (de stemplooi body) ontstaat. Derhalve dient de stemplooi cover beschouwd te worden als de functionele laag van de stemplooiën waarin het effect van droge lucht op de trilling ontstaat.

Het is mogelijk dat de slijmlaag op de stemplooiën daarbij ook een rol speelt. Op het moment dat de stemplooiën tijdens een trilling elkaar raken, komen de slijmlagen in contact. Als de stemplooiën van elkaar af bewegen worden de slijmlagen weer gescheiden. Deze scheiding kan beïnvloed worden door uitdroging van het slijm. Tijdens de geëxcideerde larynx experimenten werden echter enkele fenomenen gevonden tijdens de droge luchtconditie, terwijl er op dat moment geen contact bestond tussen beide stemplooiën. De bijdrage van de slijmlaag aan deze effecten lijkt dan ook beperkt. Desondanks kan het slijm niet worden uitgesloten als bijdragende factor in andere beschreven effecten.

Eveneens tijdens de geëxcideerde larynx experimenten werden enkele nonlineaire verschijnselen tijdens de droge en daarop volgende vochtige luchtcondities gevonden. Met deze bevindingen kan de verslechtering van de akoestische parameters tijdens de droge luchtconditie bij de proefpersonen en de geëxcideerde larynxen worden verklaard. Het verschijnen van die fenomenen tijdens uitdroging suggereert dat uitdroging het nonlineaire gedrag van de stemplooiën tijdens de trillingen versterkt. Van dit toegenomen nonlineaire gedrag kan verwacht worden dat het leidt tot toegenomen irregulariteit in de trilling, omdat aangenomen wordt dat nonlineair gedrag een van de oorzaken van irregulariteit is. De gemeten toename in jitter en shimmer tijdens droge lucht omstandigheden kan verklaard worden met dit toegenomen nonlineaire gedrag van de uitdrogende stemplooiën.

De volgende conclusies kunnen worden getrokken uit de beschreven experimenten en bovenstaande overwegingen:

1. Droge lucht heeft ongunstige effecten op de stemplooi trilling.
2. Inhalatie van droge lucht leidt tot toegenomen jitter en shimmer bij normale proefpersonen. Inhalatie van maximaal bevochtigde lucht leidt niet tot lagere jitter en shimmer dan inhalatie van normale lucht.
3. Stijfheid en viscositeit van de stemplooi cover neemt toe na blootstelling aan droge lucht.

4. De effecten van droge lucht op de menselijke stemplooitruilling kunnen worden verklaard met de veranderde mechanische eigenschappen van de stemploocover.

Glossary